

LOS DETERMINANTES DE LA CAPACIDAD INNOVADORA REGIONAL: UNA APROXIMACIÓN ECONOMETRICA AL CASO ESPAÑOL. RECOPIACIÓN DE ESTUDIOS Y PRIMEROS RESULTADOS¹

THOMAS BAUMERT y JOOST HEIJS
*Instituto de Análisis Industrial y Financiero
de la Universidad Complutense de Madrid*

RESUMEN

Este trabajo analiza, mediante un modelo econométrico, los determinantes de la capacidad innovadora del sistema regional de I+D español. Para ello se revisan las principales teorías acerca de los sistemas de innovación que se conjugan para explicar la generación de nuevas ideas. A continuación se presentan los principales estudios econométricos que se han llevado a cabo al respecto, tanto para las regiones estadounidenses, como para las españolas, dedicándole especial atención a un estudio análogo aplicado a los países de la OECD, cuyos resultados se confrontan con los obtenidos en este trabajo. Posteriormente se realiza la modelización y se interpretan los resultados obtenidos. Finalmente se resumen las principales conclusiones y se proyectan nuevas líneas de investigación a partir de los resultados hallados.

Palabras clave: Sistema regional de innovación, Tecnología. Innovación tecnológica. Función de generación de ideas. Política tecnológica. España. Comunidades Autónomas. Econometría. Patentes

ABSTRACT

This document analysis the determinants of regional innovation capacity of the spanish R&D system. For this purpose we review the main theoretic approaches and their conjunction to explain the new ideas production function. Furthermore we present the most important empiric studies for the United States and for Spain, emphasizing a model applied to the OECD countries, with which we will compare our own results, presented in chapter 5. Finally, the main conclusions are summarised and an outlook is done to further investigation based on our results.

Keywords: Regional Innovation System. Technology, Technical Innovation. Ideas Production Function. Technology Policy, Spain, Spanish Regions. Econometrics. Patents.

¹ El presente trabajo fue inicialmente desarrollado como proyecto de investigación de segundo curso del doctorado interuniversitario *Economía y gestión de la innovación y política tecnológica (Universidades Autónoma, Complutense y Politécnica de Madrid)*, bajo la dirección de los Profesores. Joost Heijs y Mikel Buesa, Los datos desagregados por Comunidades Autónomas aquí utilizados, proceden de dos proyectos de investigación que se están realizando en el Instituto de Análisis Industrial y Financiero (IAIF), concretamente del titulado “*Indicadores de recursos en investigación e innovación tecnológica de la Comunidad de Madrid*” dirigido por el profesor Mikel Buesa (Proyecto “Madri+d”, 2000-2003), y financiado por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid (Contrato Programa entre la Comunidad de Madrid y la Universidad Complutense), así como del titulado “*Impulsores de la capacidad innovadora regional, una aproximación econométrica*”, dirigido por el profesor Joost Heijs y con Thomas Baumert como investigador, financiado por la Universidad Complutense (Proyectos Complutense: referencia PR48/01-9881). Los autores quisieran expresar su gratitud hacia los profesores Mikel Buesa, Montserrat Casado y a Mónica Martínez Pellitero, del Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

Introducción

Los sistemas *regionales* de innovación, por motivos que se señalan en el siguiente capítulo, están centrando cada vez más la atención de la investigación académica, y las regiones, en el caso español las Comunidades Autónomas, están viendo incrementada su importancia como unidad de análisis económico. Esto resulta especialmente cierto en el caso de la innovación tecnológica, pues a pesar de que la actividad innovadora está relativamente dispersa por todo el mundo, la innovación “nueva para el mundo”, es decir, la innovación absoluta, tiende a concentrarse en pocos países y, dentro de estos, en contadas regiones. Esta concentración geográfica de la innovación motiva a políticos e investigadores a intentar comprender cuáles son los factores impulsores de la capacidad innovadora regional.

Este trabajo se propone contribuir a este objetivo, contrastando aquellos factores que actúan como impulsores de la innovación tecnológica, desarrollando para ello un modelo multivariante que permita cuantificar la importancia relativa de los mismos para las regiones españolas.

La idea original de esta investigación viene dada por el estudio de Stern, Porter y Furmann (2000), en el que los autores elaboran un modelo econométrico que les permite cuantificar los factores “determinantes de la capacidad innovadora nacional” para los países de la OECD. Hemos empleado un procedimiento análogo para el caso de las regiones españolas, convencidos de que un estudio de este tipo puede contribuir positivamente a determinar y, en su caso, contrastar, cuales son los factores impulsores de la innovación y, en consecuencia, cuales de ellos deben ser tenidos especialmente en cuenta a la hora de diseñar políticas tecnológicas.

El trabajo presenta la siguiente estructura: en primer lugar se recuerda la importancia del territorio para la innovación tecnológica, repasando para ello la literatura más relevante, a la vez que hacemos hincapié en los fundamentos teóricos de nuestro modelo. A continuación se presentan los estudios que intentan comprobar la importancia de los sistemas nacionales (o regionales) de innovación y de determinados aspectos concretos de los mismos. Primeramente, los estudios de Jaffe (1989), Acs et al. (1992), Feldmann (1994) Anselin et al. (1997) referidos todos ellos a las regiones de los Estados Unidos de América, y en los que se analiza principalmente la importancia de las universidades en la generación de “nuevas ideas”. A continuación se analizan los modelos de Gumbau (1996), Coronado y Acosta (1997) y García Quevedo (1999), que toman como objeto de investigación las regiones españolas. Y, finalmente, se expone el modelo de Porter, Stern y Furmann (1999) que, como ya hemos señalado más arriba, extienden su investigación a todos los países de la OECD.

La segunda parte del trabajo se centrará en el estudio estrictamente empírico, es decir, en la presentación de nuestro propio modelo y en la formulación matemática del mismo. Para ello presentaremos una breve descripción de las variables utilizadas, indicando la interpretación de las mismas. Posteriormente, se analizan las distintas combinaciones de variables obtenidas y se definen los modelos preferidos para cada *output*, contrastando, para cada caso, los factores que resultan determinantes como impulsores de la capacidad innovadora regional.

Finalmente, comparamos los resultados de este modelo con los de los anteriormente estudiados, y resumimos las principales conclusiones que de ellos se derivan, señalando, a su vez, posibles nuevas líneas de investigación.

1. Revisión de la literatura teórica y empírica

A la hora de analizar la literatura teórica, distinguimos tres corrientes de estudio: en la primera parte de esta sección repasamos brevemente aquellos trabajos “clásicos” que han intentado modelizar la producción -es decir, la generación- de nuevos conocimientos, independientemente de que lo hayan hecho desde una perspectiva regional o no. A continuación, analizamos la amplia literatura que subraya la importancia que el territorio tiene para las actividades innovadoras, centrándonos especialmente en la relacionada con los sistemas de innovación y la teoría del cambio tecnológico. Finalmente, describimos someramente los conceptos de “distritos industriales” y de “milieu innovador”, el enfoque basado en los clusters industriales y la gestión de innovación en las empresas, así como los estudios centrados en los “spillovers” de conocimiento y la proximidad geográfica.²

1.1 Modelización teórica de la producción de nuevos conocimientos

Uno de los primeros trabajos que desarrolla una función básica de generación de ideas es el de Griliches (1979), en el que se afirma, que la generación de ideas depende primeramente del esfuerzo innovador, es decir, de los recursos destinados a la investigación:

$$K = f(R) \quad (1)$$

donde: K = nuevos conocimientos valorables económicamente
 R = recursos destinados a la investigación

Este planteamiento concuerda básicamente con el modelo de crecimiento tecnológico endógeno de Romer (1990) si bien este último resulta más complejo en su formulación:(2)

$$A_t = \delta H_{A,t}^{\lambda} A_t^{\varphi}$$

donde: A_t flujo de conocimientos nuevos
 $H_{A,t}$ personal total dedicado a la I+D
 A_t stock de conocimientos acumulados
 (y, a largo plazo, λ y $\varphi = 0$)

La generación de nuevas ideas dependería, por tanto, del esfuerzo realizado en I+D -al igual que en la función (1)- sólo que en este caso medido a través del personal total en I+D, además de tener en cuenta el “stock” de conocimientos acumulados. Los gastos en I+D reflejan un flujo en un momento dado y el “stock” la acumulación histórica de este esfuerzo en función de los esfuerzos en I+D de los años anteriores. Sin embargo, esta última variable representa ya una característica propia de la región, por lo que parece indicado no incluirla en la ecuación de forma aislada, sino englobarla dentro de un vector que recoja el conjunto de características económicas de la región que hagan referencia al sistema de I+D.

² En los capítulos 2 y 3 analizamos los estudios que han comprobado -mediante modelos econométricos- de forma implícita o explícita; la importancia del territorio para la innovación.

Una aproximación similar, es la ofrecida por Porter y Stern (1999) que miden una “*función de producción de las ideas*” en el espacio nacional, utilizando como indicador las patentes, tal que:

$$\underline{A}_{j,t} = \delta H_A^\gamma A_j^\phi A_{-j}^\psi \quad (3)$$

Y donde:

$\underline{A}_{j,t}$	Producción de idea (patentes)
H_A^γ	Esfuerzo innovador (recursos humanos destinados a innovación)
A_j^ϕ	Stock de conocimientos internacional
A_{-j}^ψ	Stock de conocimientos inventados en otros países pero aún no aplicados en el país j)

Según estos autores, el stock de conocimientos recogería en realidad unas externalidades intertemporales, mientras el stock específico del país implicaría que imitar tecnologías internacionales resulta más fácil que desplazar la frontera tecnológica internacional, aspecto éste que está relacionado con la idea de complementariedad de los conocimientos domésticos e internacionales (Jaffe/Trajtenbeg, 1998). Como último comentario cabe destacar que el modelo, al ser contrastado empíricamente, ha mostrado, entre otros resultados, la relación cóncava entre la generación de innovaciones y el número de empleados dedicados a la I+D.

Como ya hemos indicado, el “stock” de conocimientos acumulados se puede considerar una característica propia de la región y, por tanto, habría que englobarlo dentro de un vector que recoja el conjunto de sus características económicas referidas al sistema de I+D. Este es el procedimiento llevado a cabo por Griliches (1990) y Bania, Calkins y Dalenberg (1992) al considerar que la función de producción de conocimientos puede ser modificada con objeto de analizar los determinantes de la distribución geográfica de las actividades de la innovación. Las características de la región en la que se emplazan las actividades de I+D son un factor determinante del nivel de conocimientos de la misma que, a su vez, inciden cantidad en la y calidad de los posibles *spillovers* o externalidades de tipo tecnológico. Para ello los autores incorporan un vector (Z_r) que recoge las características propias del territorio, tal que:

$$K_r = f(R_r, Z_r) \quad (4)$$

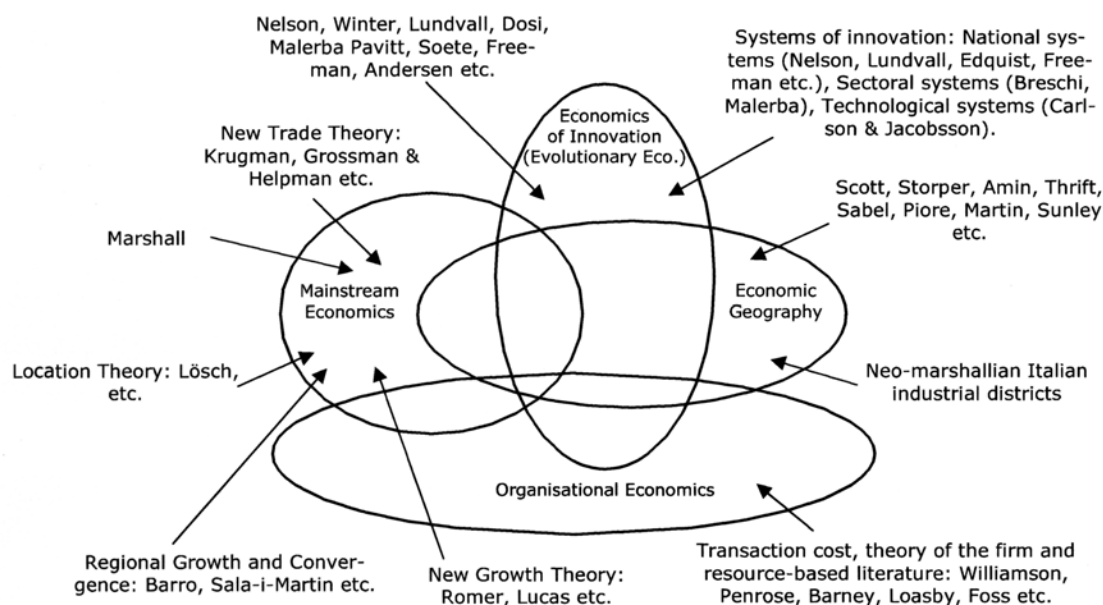
donde Z_r puede ser sustituido directamente por una combinación lineal de los indicadores regionales oportunos. Ahora bien, la pregunta surge al intentar determinar cuales son, en concreto, los factores regiones que inciden en el sistema de I+D y deben encontrar cabida en el vector Z_r . La respuesta dada por los autores que se han enfrentado a esta temática, ha dado lugar a una serie de “corrientes” complementarias entre sí que se diferencian básicamente por el tipo de indicador que consideran más importante como variable explicativa de los rendimientos tecnológicos de un determinado país o una región. El siguiente apartado recoge las principales de estas corrientes.

1.2. Principales corrientes

Para determinar los indicadores que se deberían incluir en el vector Z analizamos a continuación los enfoques teóricos que subrayan la importancia del territorio para el proceso de innovación y que son:

1. La teoría del cambio tecnológico
2. La teoría de los sistemas nacionales y regionales de innovación (Dosi, 1989; Nelson, 1992; Lundvall, 1992).
3. Los trabajos que analizan los distritos industriales y el “milieu” innovador (Piore y Sabel, 1984; Camagni, 1991; Pykes et al., 1992).
4. El enfoque basado en la importancia de las redes de cooperación y los clusters industriales (Porter, 1990; Freeman, 1991; Debresson y Amesse, 1991).
5. La gestión de innovación en las empresas (Pavitt et al., 1987; Rothwell et al., 1989; Acs y Audretsch, 1992; Dankbaar, 1993).
6. Y los estudios centrados en los “spillovers” de conocimiento y la proximidad geográfica (Jacobs, 1969; Jaffe, 1986; Jaffe et al., 1993; Porter, 1990), que serán analizados en el siguiente capítulo.

Escuelas que forman en la teoría económica de la innovación



Fuente: Dahl (2001).

Los enfoques señalados, que se recogen en el anterior gráfico, resultan próximos entre sí -en parte se solapan- en sus planteamientos básicos acerca de la importancia de la localización y concentración de las actividades innovadoras en ciertas regiones, pero se diferencian por enfatizar aspectos distintos de la actividad innovadora o del sistema productivo

1.2.1 Teoría del cambio tecnológico y del sistema de innovación

1.2.1.1 Teoría del cambio tecnológico

Un tema muy importante, del que, además, se deduce la importancia de los sistemas nacionales y regionales de innovación, es la discusión sobre el concepto tradicional-lineal de la innovación frente al modelo interactivo³ de la teoría del cambio tecnológico que ha evolucionado durante las últimas décadas.

Hasta mitad de la década de los 70, la teoría económica consideraba la tecnología básicamente como información, cuyo proceso de producción era resultado de la acción secuencial de las instituciones de investigación -exógeno al sistema económico- y de las empresas innovadoras. Este modelo, *el modelo lineal del cambio tecnológico*, fue hasta los años ochenta la base teórica de la política tecnológica de la mayoría de los países desarrollados. La teoría lineal de la innovación sugiere que el producto o resultado (output) está relacionado de forma lineal con el factor de entrada (input), y que esta relación se resume en la función de producción. Esta visión del cambio tecnológico conceptualiza la I+D como una actividad aislada, llevada a cabo en centros de investigación, y que no se deja influir por incentivos del mercado ni por otras unidades de la empresa. La innovación sería un proceso lineal y secuencial llevado a cabo en fases aisladas, que se inicia con la fase de investigación básica y finaliza con la fase de introducción de las innovaciones en el mercado (Malerba y Orsenigo; 1995). Este modelo supone que la transferencia tecnológica -diseminación de nuevas tecnologías- es un proceso automático sin costes significativos o retrasos en el tiempo, basado en el mecanismo de “la mano invisible”, y en la que la tecnología sería información fácil de copiar. El modelo lineal niega de manera virtual factores como la influencia de instituciones, estrategias y actitudes competitivas de otras empresas o países, así como los factores relacionados con la demanda y educación u otros aspectos regionales. Las políticas basadas en el modelo lineal están dirigidas hacia la generación de innovaciones mediante la creación de centros de investigación, el apoyo a la I+D básica para tecnologías claves, o la financiación directa de las actividades de investigación empresariales.

Un modelo teórico alternativo y opuesto al modelo lineal del cambio tecnológico sería *el modelo interactivo* desarrollado en los años ochenta que implica cambios radicales para la gestión tecnológica de las empresas o el diseño de la política tecnológica por parte de la administración pública. Este modelo se basa en la idea de una interacción continua entre los distintos actores y elementos a lo largo de todo el proceso de innovación y la comercialización posterior de los resultados. Incluso una vez que el producto esté plenamente introducido en el mercado, el proceso continua mediante el perfeccionamiento y la diversificación de los productos, de los procesos de producción y de las tecnologías utilizadas. Así, mientras que el modelo lineal destaca solamente las actividades tecnológicas del departamento de I+D, el modelo interactivo destaca la capacidad tecnológica de la empresa en general, considerando la gestión de la innovación como un proceso estratégico y corporativo en el que debería estar implicada toda la empresa, además de sus distribuidores y clientes.

³ Este párrafo ofrece una explicación breve de ambos modelos. Para una discusión teórica amplia sobre los mismos, véanse las distintas publicaciones de Rothwell, 1983; Pavitt, 1984; Kline y Rosenberg, 1986; Dosi et al., 1988; Malerba y Orsenigo, 1995.

De acuerdo a este modelo, la capacidad tecnológica de una empresa se basa en su “saber-hacer” y tiene una dimensión tácita y acumulativa. La transferencia tecnológica es considerada como costosa y difícil, y el entendimiento de las nuevas tecnologías es un proceso que requiere tiempo así como empleo de recursos humanos. El modelo interactivo considera la innovación como un proceso dinámico o interrelacionado con efectos de retroalimentación continuos entre las distintas etapas, y, además, todo este proceso se desarrolla en un ambiente cambiante (Malerba y Orsenigo, 1995), donde los actores y competidores reaccionan, a su vez, ante cada uno de los cambios.

Cada uno de estos dos modelos refleja un concepto opuesto del bien tecnológico y, en la práctica, la mayoría de los conocimientos se podrían clasificar como una forma mixta de ambos. La tecnología y la innovación se presentan en el mundo real bajo formas diversas y asimétricas en cuanto a las características de los agentes que participan en su desarrollo, las industrias en las que esos agentes se ubican y en cuanto a los resultados que obtienen. En algunos casos, debido a sus elementos tácitos, la transferencia de tecnología de unas empresas o de unas industrias a otras constituye una operación difícil y costosa para su receptor que, además, tiene que pagar los costes de adquisición, los costes de aprendizaje y los costes de oportunidad derivados del retraso en la adopción de la innovación con respecto al competidor. En otros casos, la transferencia tecnológica puede resultar directa y barata, imitando un diseño o fórmula química.

Debido a la aparición del modelo interactivo, dos conceptos han visto revalorizada su importancia, concretamente la *gestión y estrategia tecnológica de la empresa* y el *sistema nacional y regional de innovación*. Ambos⁴ resultan ser factores importantes que determinan la capacidad tecnológica de la empresa, y la literatura ha prestado cada vez más atención a la gestión y estrategia tecnológica de las empresas. Tal gestión tecnológica, o, dicho de otro modo, la consideración del proceso innovador como una actividad integral, con interacción continua de los distintos departamentos de una empresa, no siempre resulta eficiente (Beise et al., 1995; Dankbaar et al., 1993), y las empresas tienen que invertir mucho tiempo y recursos financieros para poder acumular experiencia en el campo de la innovación (proceso de aprendizaje), lo que, por otra parte, le asegura cierto éxito en sus actividades en I+D. Además de resaltar la importancia de la gestión tecnológica de las empresas, el modelo interactivo también subraya la importancia de la estructura institucional, lo que se plasma en el concepto de sistema nacional y regional de innovación

1.2.1.2 Sistemas de innovación⁵.

Uno de los enfoques de la teoría de la innovación y del desarrollo económico en que más se ha profundizado en los últimos años, es el estudio de los sistemas nacionales y regionales de innovación (véase, entre otros: Freeman, 1987; Dosi, 1989; Porter, 1990, Lundvall, 1992; Nelson, 1992; Edquist, 1997; Koschatzky, 1997; Porter, 2000). Tal sistema se puede definir como “la red de instituciones, del sector privado y público, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican o divulgan nuevas tecnologías” (Freeman, 1987), siendo el sistema heterogéneo, dinámico y abierto, caracterizándose por la retroalimentación positiva y por la reproducción. “Con frecuencia, los elementos del sistema de innovación se refuerzan mutuamente en la promoción de procesos de

⁴ Aquí se ofrece solamente una breve descripción, más adelante en este capítulo se desarrolla un análisis más amplio de estos temas.

⁵ En esta sección solo se ofrece una breve introducción a este tema. Para una análisis más amplio consúltase Lundvall, 1992; Nelson, 1993 o Edquist, 1997.

aprendizaje e innovación o, a la inversa, se combinan en grupos, bloqueando dichos procesos. La causalidad acumulativa, y los círculos virtuosos o viciosos, son características de los sistemas y subsistemas de innovación. Otro aspecto importante del sistema de innovación se relaciona con la transmisión del conocimiento entre individuos o agentes colectivos (a través del recuerdo)” (Lundvall, 1992). Dicho de otro modo, hay que tener en cuenta que la innovación y el aprovechamiento de nuevas tecnologías no sólo dependen de factores individuales, sino de la interacción y sinergia de distintos factores. La capacidad innovadora de una región no solamente se deriva de su esfuerzo cuantitativo en I+D (gastos y personal) y de su infraestructura tecnológica (el conjunto de centros y instituciones que llevan a cabo actividades innovadoras), sino también de la interacción entre las empresas, administraciones públicas. Esta idea es muy parecida al concepto de “*milieu innovador*” desarrollado por los autores neomarshallianos de los distritos industriales y de la geografía económica, para quienes las actividades innovadoras requieren un ambiente innovador en el que tenga lugar un intercambio recíproco de personal, conocimientos científicos y tecnológicos, servicios especializados e impulsos innovadores (Aydalot/Keeble, 1988; Stöhr, 1987 Perrin 1986/88 Koschatzky, 1997).

1.2.1.3 Importancia del estudio de los sistemas regionales de innovación

Los primeros estudios sobre los sistemas de innovación centraban su atención, sobre todo, en los sistemas nacionales de innovación y, en concreto, en los de Japón y Estados Unidos (Freeman, 1987; Nelson, 1987/1988). Posteriormente se ha desarrollado un amplio conjunto de estudios acerca de los sistemas nacionales de innovación de un gran número de países (Nelson, 1992; Porter, 1990).

El punto de partida de la teoría de los sistemas de innovación viene dado por el sistema productivo, donde la innovación es solo uno -si bien de los más importantes- de los elementos explicativos del desarrollo económico. El objetivo central de estos estudios es analizar el papel que la innovación ejerce como motor del desarrollo económico, para lo que analiza el impacto que las diferencias específicas de un territorio ejercen sobre la capacidad innovadora del mismo. La conclusión general de estos trabajos es que el sistema *regional* es un factor fundamental de los sistemas *nacionales* (Koschatzky, 1999). No cabe duda de que existen claras diferencias entre los sistemas de innovación de distintos países, pero el sistema *nacional* de innovación de un país determinado no refleja más que un panorama global del mismo, que no recoge con detalle la realidad de cada una de sus regiones ni, por tanto, la diversidad territorial existente.

Estudiar el sistema de innovación a nivel regional resulta decisivo. Primero, porque en casi todos los países se ha detectado una concentración geográfica muy alta de las actividades innovadoras, y porque, además, en la mayoría de estados existen regiones con un peso muy elevado dentro del conjunto del sistema de innovación nacional, mientras otras presentan actividades innovadoras muy aisladas.

Según la teoría de Myrdal sobre el desarrollo económico y las economías externas, las inversiones industriales tienden a localizarse en regiones donde ya existe cierta concentración de actividades productivas para beneficiarse de las economías externas basadas en la acumulación de los distintos factores y agentes del sistema productivo. La consecuencia es una causación acumulativa, en la que las regiones más innovadoras atraen cada vez más inversiones a costa de las regiones menos innovadoras. Este argumento de Myrdal, inicialmente desarrollado respecto a las inversiones industriales, adquiere aun más peso en el caso de las inversiones en innovación (Heijs, 2001a y b). No hay que olvidar que la I+D es una actividad muy compleja que requiere una cierta

masa crítica mínima de inversiones para poder asegurar resultados satisfactorios, o, dicho de otro modo, que la I+D es una actividad donde las externalidades y ventajas de escala representan un papel muy importante (Nelson, 1959; Arrow, 1962). Por lo tanto, se puede sostener que las inversiones en innovación están altamente concentradas buscando beneficios basados en la acumulación de los distintos factores y actores de un sistema de innovación (entre otros: centros tecnológicos, instalaciones científicas, personal especializado y, factor muy importante, la demanda de nuevas tecnologías).

Por otra parte, conviene recordar que en los países con una descentralización muy desarrollada -como es el caso de Alemania y, en menor medida, de España- los gobiernos regionales tienen la mayor parte de las responsabilidades políticas respecto al desarrollo científico y tecnológico. Igualmente, las medidas tomadas en ciertas regiones “avanzadas” afectan directamente a otras regiones de un país. Por ejemplo, en más de una ocasión las ayudas financieras a la innovación en las regiones centrales resultan ser más altas que en las regiones periféricas, lo que dificulta que estas últimas atraigan inversores. Además, las medidas nacionales con respecto a las actividades innovadoras influyen sobre los sistemas regionales. La política en el ámbito central -así como la política tecnológica de la Unión Europea- beneficia, en general, los intereses de las regiones económicamente más avanzadas, coincidiendo frecuentemente con las necesidades de las grandes empresas.

Finalmente, existe un conjunto de factores cambiantes del sistema productivo internacional que deja sus huellas de manera desigual en los distintos países y regiones y que afecta a las pautas de localización de las empresas. Los cambios del sistema productivo internacional no tiene el mismo efecto sobre cada una de las regiones. Por un lado, se pueden indicar los shocks asimétricos y la pérdida de importancia de ciertos sectores productivos debido a la introducción de innovaciones.⁶ Por otro lado, el desarrollo de nuevas industrias basadas en nuevas tecnologías y el uso de nuevos inputs influye sobre las decisiones empresariales con respecto a su localización. Se aprecia la aparición de nuevas regiones o polos de crecimiento, como el Silicon Valey, que están involucrados en el desarrollo de las nuevas tecnologías y de los sectores tecnológicos más avanzados.

Otro de los factores cambiantes del sistema productivo sería la internacionalización de la economía. No cabe duda, de que estamos ante un proceso de globalización donde la descentralización de la producción esta muy avanzada, el comercio internacional es cada vez más importante y en el que las empresas transfieren sus tecnologías -en general incorporada en productos- al extranjero e incluso invierten en actividades de innovación fuera de su país de origen. Pero todo esto no quiere decir que la generación de la innovación este altamente globalizada. Por un lado habría que admitir que un 22% de las actividades innovadoras de las grandes empresas europeas se realizan fuera de la frontera europea y el 15% de las patentes se generan en sus centros extranjeros. Por otro lado, esta tendencia hacia una globalización es solo aparente ya que las inversiones de

⁶ Por ejemplo, en el período 1975 –1985 se han visto especialmente afectadas aquellas regiones con industrias tradicionales como la textil, la industria pesada o la minería, debido a la introducción de nuevos materiales la adopción de las tecnologías de la información, la automatización avanzada o la competencia de países industriales emergentes. Estos factores incluyen el cambio tecnológico, la vacilación y el retroceso del crecimiento económico, dando pie a excedentes en la capacidad productiva en la mayoría de los países occidentales. Los países y regiones más afectados se identifican por tener una estructura industrial débil con pocas posibilidades para la modernización de su tejido productivo y, en consecuencia, han sido más vulnerables ante la crisis económica y el cambio tecnológico, y menos capaces para adaptar su sistema productivo a las nuevas tendencias en la demanda.

I+D en el exterior se han dirigido sobre todo hacia regiones con un alto nivel tecnológico donde las empresas encuentran ventajas comparativas no existentes en su propio país.

Podemos concluir, por tanto, que la globalización transforma el paisaje de la generación y difusión de tecnologías pero no disminuye la importancia de los sistemas regionales de innovación ni de las políticas públicas para incentivarlas. Además, resulta importante subrayar que la generación global de nuevas tecnologías se realiza sobre todo en las empresas multinacionales mientras que las empresas pequeñas y medianas -la mayoría de las empresas españolas- apenas realizan I+D en el exterior. Como ya hemos señalado, en todos los países existen algunas regiones con un peso muy elevado en el conjunto del sistema de innovación nacional y otras que tienen unas pocas actividades innovadoras muy aisladas.

Según un informe publicado por la Comisión Europea (ETAN, 2000) la política nacional y europea tendría que ofrecer una localización atractiva para las empresas no europeas y sus centros de I+D. Las ventajas de la concentración nacional o local de la I+D se puede resumir en: la necesidad de una masa crítica y de las correspondientes ventajas de escala, el efecto de aprendizaje, la seguridad de las actividades realizadas únicamente en la unidad central, y el aprovechamiento de una red de innovación. Las ventajas de la globalización se basan en el hecho que, por un lado, las nuevas tecnologías de la información convierten la distancia geográfica en un factor menos relevante y, por otro, en el aprovechamiento de ventajas de otros países o regiones.

En definitiva, podemos constatar la existencia de dos fenómenos opuestos: por una parte, la globalización y la revolución de las telecomunicaciones ha reducido drásticamente no solo el coste de transportar productos, sino también el coste de transmisión de conocimiento. En contraste, la creación de nuevas ideas basadas en el conocimiento tácito resulta difícil de transmitir a través de la distancia (Audretsch, 1998) a pesar de las nuevas tecnologías de información. Resulta por tanto necesario analizar las actividades tecnológicas en unidades geográficas reducidas teniendo en consideración tanto el fenómeno de globalización, como el alcance limitado de los spillovers. Por este motivo hemos optado por la región (concretamente las Comunidades Autónomas) como unidad geográfica de análisis, a medio camino entre el planteamiento de Krugman (1991), quien señala que “los estados son realmente la unidad geográfica correcta” y Audretsch (1998), para quien “la unidad geográfica relevante de observación es la ciudad” (véase al respecto Krugman, 1998).

1.2.2 Cooperación e interacción, Clusters⁷, Distritos industriales y “milieu” innovador

Dejando a un lado las diferencias existentes entre los distintos enfoques -clusters, distritos industriales y sistemas de innovación- se puede indicar que los tres coinciden en adjudicarle un alto grado de importancia a las externalidades y la proximidad geográfica como factor explicativo de la innovación.

El concepto neo-marshalliano de distrito industrial ha sido desarrollado sobre todo en los años 80⁸ para explicar el crecimiento y éxito económico de algunas regiones

⁷ La descripción de la teoría de los “clusters” en este capítulo se basa esencialmente en el trabajo de Navarro (2001) y de la OECD (1999)

⁸ Aunque el concepto de “distrito industrial” ya fue formulado con anterioridad por Marshall (1949)

especializadas del norte de Italia, Suiza y Francia (Piory y Sabel, 1984; Stöhr, 1987; Aydalot y Keeble, 1988; Perrin 1988; Vázquez Barquero, 1988; Camagni, 1991; Sengenberger y Pyke, 1992). Los estudios empíricos sobre “distritos industriales” que se han llevado a cabo al respecto, han centrado su atención en regiones con un dominio de pequeñas y medianas empresas (PYMES). La importancia de la proximidad geográfica radica en la existencia una interacción muy intensa entre un conjunto de PYMES altamente especializadas, que compiten en la misma industria/mercado o con el mismo tipo de productos y, por tanto, se ven obligados a competir en costes y calidad. La rivalidad, la sinergia y el aprendizaje colectivo son aspectos fundamentales para un “milieu” innovador y su enfoque local se basa en el bajo nivel de movilidad de los factores productivos especializados (Camagni, 1994), aunque no se puede deducir que son únicamente los factores endógenos los que determinan el éxito de las regiones especializadas. Los “milieus” innovadores y los distritos industriales solamente pueden sobrevivir si están integrados en redes nacionales o internacionales que actúan como estímulo externo y fuente de aprendizaje (Koschatzky, 1998).

El concepto de cluster se ha expandido de forma rápida a partir del libro de Porter sobre *“La ventaja competitiva de las naciones”*, que analiza, como indica su título, como explicar el nivel competitivo de un país. De hecho, se ha apreciado en el sistema productivo de los países más desarrollados, un aumento en la especialización de las empresas y, simultáneamente, un incremento de su funcionamiento en redes (Schibany et al. 2000) y clusters (Porter 1998), especialmente en los sectores más avanzados tecnológicamente y en relaciones de carácter vertical (Schmitz y Nadvi 1999). El enfoque de los “clusters” (basado, entre otros, en aportaciones Porter, 1990; Freeman, 1991; DeBresson y Amesse, 1991) valora positivamente los procesos de rivalidad, aprendizaje colectivo y los efectos de sinergia, pero sin limitar su estudio a las regiones altamente especializadas y a la interacción entre PYMES del mismo sector (como fue el caso de los distritos industriales). En cambio, este enfoque plantea una visión mucho más amplia, que incluye un análisis del papel de las grandes empresas en las redes empresariales y de cooperación, además de adjudicarle mucha importancia a la interacción e interdependencia entre los distintos agentes económicos (proveedores, clientes, competidores, centros de investigación), tanto en un plano intraindustrial como interindustrial. Además, se basa en la noción de interdependencia y complementariedad: los actores son diferentes y, por tanto, tienen requerimientos diferentes; compiten, pero a la par, necesitan los productos de la competencia para su poder innovar. Según la OECD (1999) “el concepto de cluster va más allá de las ‘simples’ redes horizontales en las que las empresas, operando en el mismo mercado de productos finales y perteneciendo al mismo grupo industrial, cooperan en ciertas áreas (p. ej. I+D conjunta, programas de demostración, políticas de marketing colectivo o compras conjuntas). Los cluster son la mayoría de los casos redes trans-sectoriales (verticales y laterales) que comprenden empresas complementarias especializadas en un específico lazo o base de conocimiento en la cadena de valor”⁹.

La literatura sobre clusters ha puesto de manifiesto, igualmente, que éstos atraviesan un ciclo de vida, de modo que los factores que favorecen o dificultan su desarrollo inciden de distinta manera a lo largo del tiempo (Navarro, 2001). En la fase de nacimiento, tal como indica Porter (1998), “el azar tiene muchas veces ‘antecedentes de lugar’, lo que reduce la influencia que a primera vista tiene el elemento aleatorio. Los factores críticos

⁹ Existen trabajos que incluye un enfoque de cluster más bien basado en la similitud, donde se agrupan las actividades económicas que presentan condiciones o requerimientos equivalentes: en investigación, habilidades de mano de obra, proveedores especializados, etc (Navarro 2001).

para la emergencia de clusters más destacados por la literatura son: “un número de empresas crítico para posibilitar economías de escala y de alcance, suficientes casos de emprendedores exitosos, clientes (a menudo internacionales), una buena combinación de rivalidad y cooperación, empresas proveedoras avanzadas, organización y gestión flexibles, mejora continua del conocimiento y atractivo de la industria para personas con talento” (OECD, 1999)

Las ventajas y desventajas derivadas de la especialización o concentración sectorial de los clusters cambian de signo y cobran particular importancia en la fase de estancamiento y declive. Los sectores maduros diversificados muestran una mayor capacidad de reanimación y recuperación. Los analistas de clusters y del cambio tecnológico subrayan, en este sentido, los riesgos de irreversibilidad (*lock-in*) derivados de una elevada especialización. Otro punto interesante que subraya la literatura es que el proceso de declive no tiene por qué desembocar, ineludiblemente, en la desaparición o desintegración del cluster, especialmente por la posibilidad de “convergencia” (o efectos trans-sectoriales) de viejas y nuevas tecnologías.

La interacción y cooperación es un aspecto fundamental para entender los conceptos de clusters, sistemas de innovación o distritos industriales, ya que, los tres enfoques teóricos valoran positivamente la interacción entre los distintos agentes. La cooperación en el campo tecnológico ha sido objeto de numerosos estudios en la literatura reciente (véanse, entre otros, Sharp y Shearman, 1987; Mytelka, 1991; Herden y Heydenbreck, 1991; Dodgson y Rothwell, 1994; Haagendoorn, 1995). En los años ochenta y noventa la colaboración entre empresas ha aumentado de forma sustancial (Mytelka, 1991; Sharp y Shearman, 1987; Narula y Hagendoorn, 1999; Narula, 1999). Las ventajas de escala crecientes y la indivisibilidad de las actividades innovadoras dificultan las actuaciones individuales de las empresas, lo que implica que la cooperación tecnológica ha recibido cada vez más atención por parte de las empresas y de la política tecnológica¹⁰. Hay múltiples razones para aumentar la cooperación: buena parte de los nuevos retos científicos son cada vez más intensivos en capital, mientras que el ciclo de vida de los nuevos productos y procesos es cada día más corto; existe una interdisciplinariedad científica creciente para el desarrollo de nuevos productos, con la necesidad correspondiente de tener capacidades en distintas áreas tecnológicas -siendo una necesidad costosa en términos financieros y de tiempo- y el proceso de desregulación aumenta la competitividad y implica el acceso a nuevos mercados internacionales. Todo esto exige inversiones cada vez más altas, a veces difícil de soportar por parte de los agentes individuales. La colaboración puede evitar la duplicación de los gastos proporcionando ventajas de escala y la dispersión de los riesgos. La cooperación podría ser especialmente importante para las PYMES con medios financieros más limitados, que obtendrían, así, la posibilidad de repartir los gastos de costosos proyectos, obteniendo, a su vez, ventajas de escala.

¹⁰ Algunas tendencias generales en la I+D han conducido a una mayor importancia de la cooperación: el ciclo de vida de los productos y las tecnologías se ha acortado y la complejidad e interdisciplinariedad de las tecnologías necesarias para el desarrollo de un producto ha crecido tanto que incluso las empresas grandes no pueden cubrir todas las áreas tecnológicas necesarias. La I+D básica es cada vez más importante para la I+D industrial y se transforma cada vez más rápido en aplicaciones industriales, los costes crecientes en ciencia exigen la optimización de los recursos.

1.2.3 Gestión de la innovación en las empresas

Como se puede derivar de la teoría moderna del cambio tecnológico (el modelo interactivo), la capacidad tecnológica de las empresas es un factor fundamental para poder llevar a cabo con éxito proyectos tecnológicos y solo se obtiene mediante un proceso de acumulación de experiencias (véanse, entre otros, Freeman, 1974, 1987; Dosi et al., 1988; Cohen y Levinthal, 1989; Meyer-Krahmer, 1989; Roussel et al., 1991; Dankbaar et al., 1993; Rothwell, 1994; Malerba y Orsenigo, 1995; Koschatzky, 1997). La mejora de estas capacidades se podría considerar tanto un objetivo explícito de un instrumento de la política tecnológica (Meyer-Krahmer, 1989), como un objetivo de la propia empresa para llevar a cabo ciertos proyectos de I+D (Cohen y Levinthal, 1989).

En la discusión sobre los dos modelos extremos de innovación (modelo lineal versus el modelo interactivo), se ha explicado que la innovación es un proceso complejo, en donde interactúan muchos actores y factores de la empresa, tanto internos como externos, cuya integración no resulta un automatismo. La dinámica de este proceso (integración y funcionamiento de todos estos factores y actores en su conjunto) se podría considerar como la capacidad innovadora de la empresa. Se entiende como tal la facultad de entender, dominar y adaptar las tecnologías adquiridos; la capacidad para la adaptación de desarrollos tecnológicos futuros y de generación de innovaciones tecnológicas.

Hay muchos autores que subrayan *la importancia de los empresarios* (Schumpeter, 1911; Roussel et al., 1991; Malerba y Orsenigo, 1992; Dankbaar et al., 1993). El concepto Schumpeteriano de “entrepreneurship” consiste en un individuo creativo que combina nuevas tecnologías con nuevos mercados, dejando las tecnologías viejas obsoletas (un concepto conocido como el modelo schumpeteriano de “destrucción creadora”. En muchas empresas no hay reglas explícitas, pero se responde mediante decisiones ad hoc del empresario según las necesidades o problemas que se presenten, una forma de funcionar que se da principalmente en las PYMES aunque, a veces, también en algunas empresas grandes. (Dankbaar et al., 1993). El segundo modelo schumpeteriano ha quitado cierta importancia al inventor y empresario creativo, señalando la importancia de la acumulación de conocimiento en centros de I+D¹¹. *El concepto de aprendizaje* señalado por Dodgson (1991) habla de la manera en que una empresa construye y complementa su base de conocimientos respecto a tecnologías, productos y procesos de producción para desarrollar y mejorar la utilización de las habilidades de sus recursos humanos. Este dominio se puede obtener mediante I+D o laboratorios propios, personal cualificado, transferencias tecnológicas o buenos flujos de información con el entorno. Un estudio clásico que trata el aprendizaje con relación a la capacidad tecnológica (Cohen y Levinthal, 1989) sugiere que el objetivo de ciertos proyectos de I+D es el aprendizaje o, dicho de otro modo, el objetivo es el desarrollo de las capacidades tecnológicas necesarias para poder integrar las innovaciones futuras.

Otro aspecto de la competencia o de la capacidad tecnológica sería *la gestión de la I+D*, incluyendo no solamente la ejecución y gestión de los proyectos, sino también la integración del proceso de innovación en la estrategia general de la empresa. La vinculación entre la estrategia general de la empresa y la estrategia tecnológica está, en muchas PYMES, en manos de una o unas pocas personas *claves* que funcionan de manera informal, ya que su tamaño posibilita líneas de comunicación muy cortas y

¹¹ Ambos modelos no son excluyentes, sino más bien complementarios, destacando cada uno un aspecto de la capacidad tecnológica importante, como ya apuntó Schumpeter (1911).

directas (Dankbaar et al., 1993). Pero este hecho no implica que una estrategia bien planificada no sea importante para las PYMES, ya que estas empresas cuentan normalmente con menos recursos y, por lo tanto, no pueden permitirse un fracaso. Un trabajo de Roussel et al. (1991) ha acentuado la relación entre desarrollo tecnológico y la estrategia global de la empresa¹². Pero la estrategia no sólo se define en base a las actividades de I+D, sino en *todas* las actividades para obtener un nivel tecnológico mayor. La competencia tecnológica depende de todos los métodos, hábitos y estructuras organizativas utilizadas para llegar a los objetivos y prioridades de la empresa, es decir, depende de quién es responsable, de a qué nivel se toman las decisiones, de si hay una estrategia sistemática (o más bien ad hoc y “problem-solving”) y de si existen unos flujos de retroalimentación adecuada con todas las partes de la empresa (con los departamentos de producción, comercial, compras etc.).

La cultura innovadora de la empresa está relacionada con su posición aperturista respecto a los cambios tecnológicos, aceptando su necesidad y consecuencias. La cultura innovadora, un concepto difícil de definir y de medir, depende no solamente de los empresarios y los responsables de I+D sino de todos los trabajadores de la empresa. Como acabamos de señalar, no resulta suficiente que exista una actitud innovadora sólo por parte del empresario para garantizar el buen desarrollo de las actividades innovadoras, sino que en muchos casos depende de la colaboración de todo el personal de la empresa. Existe una serie de instrumentos de la política tecnológica especialmente dirigidos hacia la creación o mejora de la cultura innovadora de las empresas o de la economía en su conjunto.

Un último aspecto que determina parte de la competencia o capacidad tecnológica son las *relaciones con el entorno*¹³ o la imbricación de las empresas en el sistema nacional y regional de innovación, incluyendo los flujos de información, la transferencia tecnológica y la cooperación en este campo. Teniendo en cuenta el concepto interactivo de la innovación, queda claro que la capacidad de absorción de las nuevas tecnologías por parte de las empresas no sólo depende de su potencia y capacidad individual sino también de un proceso interactivo con otras empresas y su entorno. El poder o esfuerzo tecnológico relativo¹⁴ de las empresas localizadas en regiones específicas se puede explicar estadísticamente por el número de empresas y no por su tamaño (Patel y Pavitt, 1991).

Este tema ya se han comentado en la sección anterior cuando se discutían los conceptos de cluster y distrito industrial, pero se puede destacar que, pese a que los procesos de aprendizaje colectivo, la rivalidad y las redes de cooperación son un factor importante para la capacidad tecnológica, no cabe duda de que el comportamiento estratégico y la cultura innovadora de la empresa son los condicionantes más importantes de su capacidad tecnológica. Incluso existen empresas en regiones pocos innovadoras que consiguen desarrollar un comportamiento y una capacidad altamente innovadores, a la par que competitivos en el mercado internacional. Dicho de otro modo, las circunstancias regionales son importantes para la capacidad innovadora de una empresa, pero no resultan un factor *sine qua non* (Dankbaar, 1993).

¹² . Estructura organizativa centralizada o descentralizada de las actividades de I+D (véase el estudio de Roussel et al. (1991). Una estrategia tecnológica radical, incremental o basada en imitaciones (véase el estudio de Malerba y Orsenigo (1992).

¹³ Sobre todo importantes para el desarrollo tecnológico de las PYMES (Dankbaar et al., 1993).

¹⁴ Patel y Pavitt han medido este esfuerzo relativo mediante el número de patentes de las empresas de distintas regiones.

1.3 Indicadores de los sistemas regionales de innovación

1.3.1. Problemas metodológicos

La dificultad de medir la innovación tecnológica, ha sido señalada, entre otros, por Archibugi (2000), quien apunta la existencia de tres problemas básicos: en primer lugar, es muy difícil definir una *innovación* ya que resulta complicado determinar cuando algo es *totalmente* nuevo. En principio, no pueden existir dos innovaciones exactamente iguales, pues de darse esta situación, en realidad sólo una sería una *innovación*, y la otra una *imitación*, independientemente de que hubieran sido desarrollados de forma separada. Es decir, pocas variable económicas están sujetas a una diversidad de interpretación tan amplia como las innovaciones.

Un segundo problema viene dado por la diferencia entre el valor científico-tecnológico de las innovaciones por una, y su importancia económica por otro lado. Así, una tecnología basada en una idea simple (como el bolígrafo), ha tenido un impacto económico mucho mayor que, por ejemplo, el descubrimiento de una galaxia.

El tercer problema a la hora de medir la innovación tecnológica, radica en la incertidumbre respecto a las relaciones en el esfuerzo innovador por un lado y los resultados tecnológicos y beneficios económico por otro. Lo que caracteriza a la innovación tecnológica es la diversidad tanto del valor y la importancia de las innovaciones como producto, como de las actividades para obtener tales productos. Sólo una minoría de las empresas puede considerarse innovadora en el sentido de realizar actividades de I+D, ya que la mayoría innova mediante la adquisición de maquinaria, licencias para usar patentes u otros procedimientos de obtención de tecnología de mercado.

En resumen, se puede indicar que, frente a la idea del pensamiento neoclásico que reduce los factores de innovación a ciertos determinantes básicos, fundamentalmente exógenos al sistema económico, actualmente se acepta que nos enfrentamos a un complejo y heterogéneo conjunto de actividades esencialmente endógenas a ese sistema (Buesa, Navarro et al., 2001).

1.3.2 Desarrollo y armonización de indicadores

En los últimos cincuenta años se han desarrollado un conjunto de indicadores que son más bien complementarios en vez de alternativo (Sirilli, 1997), pero aun así, no existe un acuerdo amplio sobre cuál es la “mejor práctica”. Hace unas cuatro décadas la OCDE inició la recogida y armonización de los datos de los recursos dedicados a investigación científica y el desarrollo experimental (Gastos en I+D, número de empleados en I+D, etc.). Para la recogida de estos datos los distintos países siguieron las directrices del “Manual Frascati”, cuya primera edición data de 1963 y ha sido revisado en varias ocasiones. Respecto a los datos de I+D cabe señalar tres inconvenientes principales: no captan la actividad tecnológica proveniente de la ingeniería de producción, minusvaloran la actividad de las pequeñas empresas que no llevan a cabo actividades innovadoras de manera formal y no tienen suficientemente en cuenta las actividades tecnológicas relacionadas con el procesamiento de la información. Actualmente existen datos respecto a los gastos de innovación, aunque, sigue existiendo el problema de determinar con exactitud la diferencia en I+D y otras actividades innovadoras.

El segundo tipo de indicador, que se utiliza desde los años 70, son las patentes. La gran ventaja de esta variable radica, por un lado, en el hecho de medir los resultados y no el input de las actividades innovadoras, y, por otro, en la fiabilidad y la existencia de datos respecto a un largo periodo en el tiempo. Las desventajas se deben al hecho que no todos los sectores tiene la misma intensidad de patentar y en que no recogen datos sobre la transferencia de las nuevas tecnologías a otros sectores o países.

Posteriormente se han desarrollado un amplio numero de indicadores como, entre otros, los datos ofrecidos por la Balanza de Pagos Tecnológicos, las bases de datos sobre publicaciones científicas, el comercio de productos de alta tecnología, capital humano, y las encuestas sobre la innovación, lo que permite afirmar, que se ha mejorado mucho la forma de medir los distintos aspectos de las actividades tecnológicas.

Desde principios de los años 90 se lleva a cabo la Encuesta Europea de Innovación realizada en todos los países de la Unión Europea. Esta encuesta ofrece muchos datos sobre las actividades y resultados innovadoras de las empresas y su comercialización.

1.3.3 Disponibilidad de datos estandarizados a nivel regional

Desde mediados de los noventa se ha llevado a cabo un amplio numero de iniciativas para estudiar la innovación a nivel regional. La Unión Europea ha desarrollado una línea de ayudas destinadas al análisis de los sistemas regionales de innovación (RITTS/RIS) muy ambiciosa, que tiene como objetivo detectar las oportunidades y amenazas para la región y sus fuerzas y debilidades para que pudiese diseñar políticas tecnológicas al respecto. También en España se han iniciado en los últimos años un gran número de estudios sobre los sistemas regionales de innovación (entre otros Fernández de Lucio et al., 1996; Buesa, 1998; Duran et al, 1999; Heijs, 1998; Heijs/Bross 1999; los proyectos RITTS/RISS, etc.), los cuales, por regla general, analizan solo una o unas pocas regiones concretas, además de recurrir cada uno de ellos a indicadores distintos, generalmente poco estandarizados. Hecho este, que ha quedado en evidencia al analizar los distintos proyectos RITTS/RIS, realizados para un gran número de CC.AA. de España y que implica, que resulte muy difícil comparar la situación de las distintas regiones españolas.

Los estudios actuales del Instituto de Análisis Industrial y Financiero, especialmente el ya mencionado proyecto Madri+d, ha generado un amplio conjunto de indicadores respecto a los sistemas regionales de innovación de España. Los datos que hemos utilizado en este trabajo incluyen un conjunto de indicadores básicos ya publicados (gastos en I+D, patentes, ayudas públicas, personal en I+D, volumen de la I+D pública (distribución regional del personal y gastos de los organismos públicos de I+D, etc.) además de explotaciones adhoc adquiridas a partir de datos registrados en los organismos públicos (INE¹⁵, Oficina de Patentes, Balanza de Pagos, etc.).

15 El Instituto Nacional de Estadística (INE) ha realizado en los últimos años diversas “Encuestas sobre la Innovación Tecnológica en las Empresas” y elaborado “Estadísticas sobre las actividades en Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico”. Estas publicaciones apenas ofrecen datos desagregados a nivel regional, pero accede a elaborar, contra pago del importe correspondiente, explotaciones ad hoc a nivel regional.

2. Principales modelos que estudian el caso de los Estados Unidos

A continuación presentamos los principales trabajos que han estudiado los factores que influyen en el resultado innovador de las regiones de estadounidenses. El denominador común de estos trabajos es haber centrado su atención en el papel desempeñado por las universidades como agente del sistema de I+D, es decir, en haber detectar la presencia de spillovers universitarios.

2.1 Jaffe (1989): Real effects of academic research

Como se desprende del título del artículo, Jaffe plantea la hipótesis de que una influencia positiva sobre el número de patentes debidas a la investigación universitaria, refleja la existencia de spillovers geográficamente “mediatizados” (García Quvedo 1999).

Para contrastar esta hipótesis, el autor parte de la función de producción definida por Griliches (1979), que modifica con objeto de analizar la importancia de la proximidad geográfica en la captura y aprovechamiento de externalidades tecnológicas, para lo que incluye explícitamente en el modelo la dimensión espacial, además de los gastos en I+D de las empresas y el número de técnicos en los laboratorios empresariales de I+D, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Log PAT}_i = \beta_1 \log \text{GID}_i + \beta_2 \log \text{UNIV}_i + \beta_3 (\log \text{UNIV}_i * \log C_i) + \beta_4 \log \text{POB}_i + E_i$$

donde:

- PAT_i: número de patentes del estado i.
- GID_i: gasto en I+D empresarial del estado i.
- UNIV_i: número de técnicos de los laboratorios universitarios en I+D.
- C_i: número de técnicos de los laboratorios empresariales en I+D.
- POB_i: población del estado i.

La inclusión de la variable de control UNIV*C permite medir la coincidencia geográfica, dentro del estado, entre la Universidad y los laboratorios empresariales en I+D.

Los resultados obtenidos así por Jaffe se recogen en la tabla que sigue:

Jaffe (1989) Output: patentes (variables expresadas en log)	
GID	0,668 (8,919)*
UNIV	0,241 (3,650)*
UNIV*C	0,020 (0,244)
POB	0,159 (1,297)
R ²	0,959

* estadísticamente significativos al 95%

**estadísticamente significativos al 90%

Como se puede comprobar, tanto el esfuerzo innovador llevado a cabo por las empresas como el llevado a cabo por las universidades, resultan estadísticamente significativos e inciden positivamente en el número de patentes registradas en una región, quedando así comprobada –de acuerdo a los planteamientos del autor- la existencia de spillovers universitarios en el caso de los estados de U.S.A.

2.2 Acs et al. (1992) Real effect of academic research: comment

2.2.1 Planteamiento metodológico

Como bien indica el título, el estudio de Acs et al. (1992) debe entenderse como un complemento al modelo de Jaffe (1989). La aportación de estos autores consiste en haber aplicado el mismo modelo de regresión empleado por Jaffe, sustituyendo la variable dependiente original -el número de patentes- por el número de innovaciones. El empleo del número de innovaciones como *output* tiene la ventaja de reflejar únicamente aquellas novedades que realmente han sido introducidas en el mercado, independientemente de que hubieran patentadas o no, excluyendo, en cambio, aquellas patentes que no llegaron a comercializarse.

Los resultados obtenidos por los autores se recogen en la siguiente tabla:

Acs et al. (1992) Output: innovaciones (variables expresadas en log)	
GID	0,428 (4,653)*
UNIV	0,431 (6,024)*
UNIV*C	0,173 (1,914)**
POB	-0,072 (-1,287)
R ²	0,902

* estadísticamente significativos al 95% **estadísticamente significativos al 90%

Como ya se ha señalado, las variables independiente son las mismas que las utilizadas en el modelo de Jaffe (1989), y los resultados obtenidos coinciden básicamente con los obtenidos por este autor. Destaquemos tan sólo dos diferencias: en primer lugar, al utilizar como variable dependiente el número de innovaciones, la elasticidad de la variable UNIV (0,431) casi se dobla frente al modelo anterior (0,231), lo que indicaría que el impacto de los spillovers universitarios resulta más importante en el caso de las innovaciones que en el de las patentes. En segundo lugar, también la elasticidad de la coincidencia geográfica resulta mayor en el caso de las innovaciones (0,173), que en el de las patentes (0,020).

2.3 Feldman (1994): The geography of innovation

Feldman, a su vez, basa el planteamiento de su modelo en los trabajos previos de Jaffe (1989) y Acs et al. (1992), complementándolos con dos nuevas variables SERV y REL, que miden respectivamente la presencia de servicios a las empresas y de industrias relacionadas. Además, la autora recurre a tres variables de control, como son la población (POP), el volumen de ventas de la industria (SALES) y un índice de

coincidencia geográfica (CONC), que mide la variación de la concentración de una actividad industrial dentro de un estado. La variable dependiente utilizada en este caso es el *número de innovaciones*, resultando la siguiente función.

$$\text{Log INN}_i = \beta_1 \log \text{GID}_i + \beta_2 \log \text{UNIV}_i + \beta_3 \log \text{SERV}_i + \beta_4 \log \text{REL}_i + \beta_5 \text{CONC}_i + \beta_6 \log \text{POP}_i + \beta_7 \log \text{SALES}_i + E_i$$

Los resultados obtenidos por la autora al aplicar esta función se recogen en la siguiente tabla:

Feldman (1994) Output: número de innovaciones (todas las variables excepto CONC expresadas en log)	
GID	0,241* (0,054)
UNIV	0,155* (0,043)
REL	0,144* (0,045)
SERV	0,272* (0,055)
POP	0,054** (0,030)
SALES	-0,236* (0,113)
CONC	1,021* (0,189)

* estadísticamente significativo al 95%; ** estadísticamente significativo al 90%

Los resultados de las estimaciones muestran que todas las variables resultan estadísticamente significativas, lo que permite concluir, que la actividad innovadora de un estado está positivamente relacionada con los “spillovers” generados por los diferentes inputs, concretamente con el gasto en I+D de la empresa, y el gasto en I+D de la universidad, así como de la presencia de infraestructuras de apoyo a la innovación, representada en este caso por la *industria relacionada* y los *servicios avanzados a la empresa*.

2.4 Anselin et al. (1997): Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations

Frente a los modelos anteriores, el presentado por Anselin et al. (1997) destaca por recurrir a unidades espaciales más reducidas, como son, las áreas metropolitanas estadounidenses (MSA) que, según los autores, constituyen un ámbito territorial más apropiado para el estudio de las externalidades económicas locales. Además, los autores incorporan una serie de contrastes de econométricos para examinar la presencia de efectos espaciales.

Al igual que los modelos anteriores, Anselin et al. toman como punto de partida de su estudio la función de producción de ideas de Griliches (1979), modificada por Jaffe (1989). Recordemos que:

$$\text{Log PAT}_i = \beta_1 \log \text{GID}_i + \beta_2 \log \text{UNIV}_i + \beta_3 (\log \text{UNIV}_i * \log C_i) + \beta_4 \log \text{POB}_i + E_i$$

donde:

PAT_i: número de patentes del estado i.
 GID_i: gasto en I+D empresarial del estado i.
 UNIV_i: número de técnicos de los laboratorios universitarios en I+D.
 C_i: número de técnicos de los laboratorios empresariales en I+D.
 POB_i: población del estado i.

Sin embargo, y dado que los autores toman como unidad de análisis las áreas metropolitanas, se puede prescindir del sumando $\beta_3 (\log U * \log C)$. Además, al igual que Acs et al. (1991), los autores recurren en este caso al número de innovaciones como variable independiente.

El modelo final resulta de la combinación de las siguientes variables:

- R: gasto empresarial en I+D.
- R75: influencia del gasto empresarial en I+D en un diámetro de 75 millas.
- U: gasto de la universidad en I+D.
- U50: influencia del gasto de la universidad en I+D en un diámetro de 50 millas.
- LQ: coeficiente de localización del empleo de alta tecnología.
- BUS: número de empleados en servicios empresariales.
- LARGE: % de empresas con más de 500 empleados.
- RANK: calidad de los departamentos universitarios de alta tecnología.

Además, se incluye una serie de variables proxy, concretamente, el número de empleados en laboratorios tecnológicos, el número de estudiantes universitarios, el gasto en educación y la concentración de las 500 mayores empresas según la revista *Fortune*.

La siguiente tabla recoge los datos obtenidos por los autores para la anterior combinación de variables:

Anselin et al. (1997); Output: innovaciones	
Constante	-1,07 (0,212)
Log R	0,277 (0,057)*
Log R75	-0,027 (0,037)
Log U	0,093 (0,034)*
Log U50	0,032 (0,015)*
Log LQ	0,652 (0,163)*
Log BUS	0,332 (0,057)*
Log LARGE	-0,337 (0,094)*
RANK	0,202 (0,101)*
R^2_a	0,725

Nota: entre paréntesis la desviación típica

Como podemos apreciar, todas las variables características de la economía local, excepción hecha de LARGE, resultan estadísticamente significativas y presentan signo positivo: así en el caso del gasto en I+D empresarial y universitario (R y U), la especialización en alta tecnología (LQ) y la presencia de servicios empresariales (BUS). Sin embargo, la variable *% de grandes empresas (LARGE)*, presenta signo negativo, coincidiendo así con los resultados de Acs et al. (1994), de lo que se deduce, que un alto peso relativo de las grandes empresas, incide negativamente en los resultados innovadores de una región. Es decir, que las áreas metropolitanas dominadas por las grandes empresas resultan menos innovadoras que aquellas en las que nos se da esta situación. Una probable explicación a este hecho podría ser, que el dominio de las grandes empresas implique la existencia de barreras de entrada que dificulten la competencia y, en consecuencia, la innovación. Igualmente, se constata la presencia de spillovers universitarios (U50) en un radio de influencia de 50 millas, si bien no se puede comprobar la existencia de spillovers con un alcance geográfico determinado para el caso de las empresas.

2.5 Comentario acerca de los modelos presentados

El modelo de Jaffe, que se puede considerar un clásico, tiene el mérito de haber sido el primero en establecer no sólo una incidencia positiva del esfuerzo innovador empresarial sobre el número de patentes (que ya había sido constatada por Griliches), sino de haber comprobado además, la influencia positiva que sobre las mismas ejerce el esfuerzo innovador llevado a cabo por las universidades. Sin embargo, los modelos posteriores elaborados por Acs et al. (1992), Feldman (1994) y Anselin et al. (1997), se basan en tal medida en el modelo previo de Jaffe, que se limitan básicamente a introducir variables nuevas de manera aislada, pero sin revisar el planteamiento y considerar la existencia de más factores que interaccionan en el sistema nacional de I+D, aparte de los gastos en I+D de la universidad y las empresas. Así, por ejemplo, llama la atención, que ninguno de los autores posteriores tenga en cuenta el esfuerzo

innovador llevado a cabo por la administración pública, y se limiten a contrastar reiteradamente la existencia de spillovers universitarios.

Sin embargo, debe reconocerse la aportación positiva de los autores, especialmente de Jaffe, que tuvieron que elaborar sus modelos a mediados de los años ochenta, cuando la disponibilidad de datos acerca de la I+D era muy reducida, y los sistemas informáticos aún no permitían llevar a cabo cálculos complejos con la facilidad con la que es posible en la actualidad. Resumimos a continuación, en una tabla, los principales resultados de los cuatro trabajos que acabamos de presentar:

Tabla-resumen de los modelos presentados

		Jaffe (1989)	Acs et al. (1992)	Feldman (1994) ^a	Anselin et al. (1997) ^a
Ámbito geográfico		Estados USA	Estados USA	Estados USA	Áreas metropolitanas
Output		Patentes	Innovaciones	Innovaciones	Innovaciones
	Constante				-1,07 (0,212)*
ESFUERZO INNOVADOR	GID_EMP	0,668 (8,919)*	0,428 (4,653)*	0,241* (0,054)	0,277 (0,057)*
	GID_UNIV	0,241 (3,650)*	0,431 (6,024)*	0,155* (0,043)	0,093 (0,034)*
INDICADORES ESPACIALES	UNIV*C	0,020 (0,244)	0,173 (1,914)**		
	GID_EMP75				-0,027 (0,037)
	GID_UNIV50				0,032 (0,015)*
	CONC			1,021* (0,189)	
VARIABLES DE CONTROL	POBL	0,159 (1,297)	-0,072 (-1,287)	0,054** (0,030)	
	INDUSTRIA RELACIONADA			0,144* (0,045)	
	SERV. EMPRESA			0,272* (0,055)	0,332 (0,057)*
	VENTAS			-0,236* (0,113)	
	EMPLEO ALTA TECN.				0,652 (0,163)*
	% GRANDES EMPRESAS				-0,337 (0,094)*
	CAL DEP UNIV ALTA TECN.				0,202 (0,101)*
	R ² _a	0,959	0,902		0,725

a= entre paréntesis la desviación típica

* estadísticamente significativos al 95% **estadísticamente significativos al 90%

Nota: todas las variables excepto CONC y la Calidad de los Departamentos Universitarios de alta tecnología expresadas en log.

La aportación básica de Acs et al. consiste en haber demostrado la ausencia de diferencias notables a la hora de utilizar como variable medidora de nivel tecnológico de una región el número de patentes o el número de innovaciones, reforzando así los resultados obtenidos por Jaffe (1989). Por otra parte, el hecho de que se obtenga una mayor elasticidad para los spillovers universitarios en el caso de las innovaciones,

puede tener su origen en la marcada orientación empresarial del sistema universitario estadounidense.

En cuanto al modelo de Feldman (1994), compartimos el comentario de García Quevedo (1999) según el cual, la autora no modeliza la forma en la que tiene lugar la transmisión de spillovers, por lo que “dada la complejidad y las distintas formas en las que tiene lugar la relación entre los inputs innovadores definidos y los resultados innovadores, el uso del término spillover, por parte de Feldman, supera lo que cabe entender una definición estricta y más precisa del término. Además, en algún caso como en la relación entre gastos en I+D empresariales e innovaciones, parece más razonable suponer que las innovaciones son el output *directo* de la investigación” (García Quevedo, 1999). Esto es una consecuencia directa de la inconsistencia de planteamiento anteriormente nombrado: ampliar el modelo de Jaffe introduciendo nuevas variables, sin desarrollar paralelamente un contexto teórico que las enmarque y determine de la forma más precisa posible, la interacción entre ellos.

Aunque en principio la misma crítica resultaría válida para el caso de Anslin et al. (1997) la aportación de estos autores debe valorarse no tanto por los resultados empíricos obtenidos, sino por su contribución metodológica, pues se trata del primer modelo que analiza de forma exhaustiva, recurriendo a tres indicadores alternativos, los efectos espaciales de la innovación y el alcance geográfico de los spillovers, superando así el planteamiento inicial de Jaffe.

En definitiva, podemos concluir, que los cuatro modelos aquí reseñados, ven confirmada su hipótesis acerca de la existencia de spillovers universitarios para el caso de los Estados Unidos, y Anselin et al. (1997) incluso estiman el alcance de los mismos a un radio de 50 millas alrededor del área metropolitana estudiada. Sin embargo, dado que el sistema universitario estadounidense -a diferencia del español- se caracteriza por una fuerte orientación empresarial, parece improbable, que estos resultados se puedan extrapolar directamente al caso español.

3. Modelos que estudian el caso español

A continuación se detallan los principales modelos de regresión que estudian los factores determinantes de la innovación tecnológica a nivel de las regiones españolas. Dada la influencia que estos modelos han ejercido sobre nuestros propios planteamientos, hemos considerado conveniente presentarlos más en detalle.

3.1 Gumbau (1996): La dimensión regional de la innovación tecnológica

El trabajo de Mercedes Gumbau está estructurado en dos partes diferenciadas: una primera en la que se analiza el origen de la distribución geográfica de la innovación tecnológica, y una segunda, en la que se estudia el efecto que dicha actividad ejerce sobre los indicadores de productividad, tema que ha sido motivo de estudios posteriores por parte de la autora (véase Gumbau y Maudos, 2001). A diferencia de los modelos anteriormente presentados, el modelo de Mercedes Gumbau recoge una amplia gama de indicadores, en un esfuerzo por reflejar en él la complejidad de la interacción de los múltiples agentes que forman el sistema de I+D, lo que permite señalar a este modelo como el más ambicioso realizado hasta la fecha para el caso Español.

3.1.1 Planteamiento metodológico

La autora distingue entre cuatro grupos de variables:

1. **Características económicas regionales:** recogen aquellas macro- magnitudes económicas básicas que caracterizan a la región. En concreto se trata de tres indicadores:
 - Producción per cápita (PIBCAP), medida como el producto interior bruto a precios de mercado respecto a la población.
 - Densidad de población (DENSP), definida como la población dividida por la superficie de cada Comunidad Autónoma.
 - Importaciones y Exportaciones (IMPORT, EXPORT), medidas como porcentajes sobre el total de la producción de cada comunidad. Alternativamente se recurre a la variable grado de apertura externa regional (GAE) publicado en la “Estadística de las Comunidades Autónomas” de la Dirección general de Aduanas e Impuestos Especiales.
2. **Externalidades de carácter tecnológico y científico:** recogen aquellos elementos propios de cada comunidad que supuestamente generan spillovers o externalidades de carácter tecnológico que los diferencian de las demás y que pueden constituir un incentivo para que el sector empresarial decida fomentar las actividades de I+D en una región determinada. Incluye las siguientes variables:
 - Oportunidad tecnológica (OPTEC): se mide a través del porcentaje de producción que sobre el total de la industria representan aquellos sectores altamente innovadores.
 - Capital humano: medido a través de dos series alternativas para cada comunidad: el porcentaje de la población ocupada con estudios superiores (KHUMSUP) y el porcentaje de población ocupada con estudios medios y superiores (KHUM2).
3. **Organización empresarial:** recoge las características relativa a la forma o tipo de organización de las empresas de una región. Se propone contrastar el efecto que sobre las diferencias regionales en innovación ejerce la distribución de las empresas según su tamaño, Se recurre a una sola variable:
 - Tamaño medio de las empresas de una región (TER), definido como el número de empleados por empresa de cada región.
4. **Política tecnológica:** recoge aquellas intervenciones por parte de la administración pública destinadas a fomentar y dirigir las actividades investigadoras. La medida se realiza a través de dos variables:
 - Gastos intramuros de I+D de la Administración Pública (IDAAPP), medidos como porcentaje del gasto en I+D de la administración pública sobre el PIB real.
 - Actividades de I+D de las Administraciones Autonómicas (IDAUT), medidas a través del porcentaje del gasto de I+D respecto al PIB real que las administraciones autonómicas realizan en sus propias regiones de acuerdo con

los objetivos de política de innovación trazados por ellas mismas, tal y como las recoge el CICYT.

3.1.3 Resultados del análisis empírico

En la siguiente tabla se recogen los resultados que Mercedes Gumbau obtiene para las distintas combinaciones de variables tomando como nivel de análisis las Comunidades Autónomas:

Output: patentes						
		G.1	G.2	G.3	G.4	G.5
Externalidades de carácter tecnológico y científico	OPTEC	0.210 (2.896)	0.415 (2.457)	0.372 (4.238)	0.153 (2.048)	0.196 (3.509)
	KHUMSUP	1.145 (12.039)		0.879 (6.521)	0.194 (14.010)	1.139 (15.399)
	KHUM2		0.133 (0.587)			
Características económicas regionales	DENSP			0.473 (3.199)		
	PIBCAP	1.859 (4.006)	1.181 (1.760)		2.188 (5.338)	1.895 (5.768)
	IMPORT				-0.263 (-2.511)	
	EXPORT				0.197 (1.475)	
	GAE	-0.156 (-0.192)				
Organización empresarial	TER	-1.327 (-1.969)	-1.558 (-1.199)	-2.386 (-2.764)	-1.141 (-1.782)	-1.522 (-2.727)
Política tecnológica	IDAAPP	-0.029 (-0.654)	-0.023 (-0.498)	-0.0452 (-1.005)	-0.008 (-0.192)	
	IDAUT					0.137 (1.970)
	CONSTANTE	4.822 (3.140)	6.807 (2.509)	5.316 (3.121)	4.293 (2.872)	6.452 (5.031)
	R ²	0.793	0.3858*	0.742	0.834	0.843

* Debe tratarse de una errata. Parece más probable que la cifra correcta sea 0,858

Presentamos a continuación las principales conclusiones obtenidas por la autora en vista a los resultados anteriores. Centrándonos en el modelo G.1, se confirma que las regiones con una mayor oportunidad tecnológica, es decir, aquellas que presentan un mayor peso industrial en sectores como la industria química, material de transporte, material eléctrico y electrónico y maquinaria y equipos, presentan una elasticidad mayor respecto al número de patentes, lo que permite concluir, que la composición sectorial explica una parte de las diferencias que actúan como estímulo a la innovación.

En segundo lugar, se detecta una incidencia estadísticamente significativa y positiva entre al *capital humano* (KHUMSUP), medido como porcentaje de la población ocupada con estudios superiores, y el nivel de innovación.

En tercer lugar, los resultados apuntan a que existe una mayor propensión a patentar en aquellas regiones que presentan una mayor riqueza en términos de PIB per cápita.

En cambio, en el caso de las regiones españolas, el grado de *apertura exterior* no resulta significativo, por lo que en el modelo G.4 se sustituye esta variable por las *importaciones y exportaciones*.

Tampoco resultan significativos los *gastos internos en I+D de las administración pública medidos como porcentajes del PIB*, lo que indicaría – de acuerdo con los planteamientos de la autora- que las políticas públicas de I+D no estimulan las actividades de innovación regionales.

Finalmente, con este modelo se obtienen resultados significativos pero negativos, para la variable *tamaño medio de las empresas* de una región. Esto indicaría, que a menor tamaño empresarial, mayor sería la incidencia en el resultado tecnológico de una región. Aunque estos resultados coinciden con Acs y Audretsch (1990), contradicen los resultados presentados por Molero y Buesa (1997).

En el modelo G.2, se sustituye la variable KHUMSUP (% de la población ocupada con estudios superiores), por una medida del capital humano más amplia, KHUM2 (% de la población ocupada con estudios medios y superiores). En este caso, la variable utilizada no resulta significativa, lo que apunta a que la innovación tecnológica está directamente vinculada a mayores niveles de cualificación.

En las variantes G.3 y G.4, se consideran medidas alternativas como indicadores de los factores locacionales. Los resultados en G.3 confirmarían los planteamientos de la autora según los cual, se innova más en regiones con mayor densidad de población.

En cuanto a sustitución del grado de apertura exterior en el modelo G.4 por las variables IMPORT y EXPORT, cabe señalar, que la primera resulta significativa y negativa, mientras la segunda no resulta estadísticamente significativa. Se puede concluir, por tanto, que las exportaciones no influyen en el nivel tecnológico de una región, y que las comunidades que más importan son las que tendrían menor incentivo para competir en el mercado con innovaciones tecnológicas.

Finalmente, en el modelo G.5 se introduce una mediada alternativa a la intervención de la administración pública, el *esfuerzo en I+D realizado por las administraciones regionales*, indicador de la efectividad de la política tecnológica regional. Es interesante comprobar, que los gastos en I+D autonómicos son positivos y significativos. De esta manera, y a diferencia de la política adoptada por la Administración Central, se podría afirmar –siempre de acuerdo a los planteamientos iniciales de la autora-, que la política tecnológica llevada a cabo por las Comunidades Autónomas resultan más efectivas a la hora de incrementar la propensión a patentar.

3.1.3 Comentario

El modelo presentado por Mercedes Gumbau, tiene el notable mérito de ser el más completo hasta la fecha de los que toman como unidad de análisis las regiones españolas. Sin embargo, adolece de una serie de inconvenientes, que analizamos a continuación.

En primer lugar, llama la atención la total ausencia de una variable indicadora del esfuerzo en I+D, variable que, como ha quedado demostrado en los estudios anteriormente presentados, resulta ciertamente clave para explicar output tecnológico de un país o de una región. Igualmente, llama la atención el empleo de la variable *densidad de población* en el modelo G.3, pues en realidad, lo que incide en la creación de spillovers no es la densidad de población, sino la concentración empresarial o, más concretamente, científico- empresarial. Si bien el argumento aducido por la autora (Gumbau, 1996) de que “pocos centros de I+D se localizan en las áreas con escasa población” parece correcto, esto no implica necesariamente que lo contrario también sea cierto, es decir, que aquellas áreas con un densidad de población elevada presenten necesariamente mayores estructuras de apoyo a la I+D.

En tercer lugar, llama la atención los resultados obtenidos al utilizar el *tamaño medio de la empresa* como variable explicativa del nivel tecnológico de una región. Este indicador ha sido utilizado en numerosos estudios (véanse, entre otros, los trabajos recogidos en Kleinknecht, 1996 y Bound et al., 1984), obteniendo resultados dispares. Por ello, quizás habría resultado preferible distinguir entre empresas pequeñas, medianas y grandes en vez de utilizar el tamaño medio. La autora, convencida defensora de la importancia de las empresas pequeñas en los procesos de innovación ya había estudiado el tema en un trabajo anterior (Gumbau, 1994), reconociendo indirectamente que los resultados no son concluyentes: “Las empresas pequeñas son más innovadoras en mercados más concentrados, cualquiera que sea la aproximación que se tome de esta variable, poniéndose en relieve que estas empresas compiten con las grandes vía innovaciones tecnológicas para subsistir en el mercado [...]. No obstante, existe un límite a partir del cual disminuye la probabilidad de que una empresa emplazada en un mercado concentrado innove más. De nuevo, es importante resaltar que esta variable pierde su significatividad cuando las características interindustriales de las empresas se introducen en el modelo”. Probablemente, el planteamiento más acertado a este respecto resulte el de Bound et al. (1989) al postular que la intensidad en I+D cae primero y aumenta después con el tamaño de la empresa, de manera que las pequeñas y grandes empresas son consideradas más innovadoras que las medianas (al respecto, véase, también Patel y Pavitt, 1991).

Finalmente, resulta poco clara la utilización de las variables *gasto de I+D/PIB de la administración pública* y *gastos de I+D/PIB real de las administraciones autonómicas* como indicadores, respectivamente, de la política tecnológica de la administración central y de la administración autonómica. Las dudas surgen especialmente en el primer caso, ya que las cifras recogidas por el INE, no distinguen entre gastos en I+D de la administración central y los de la administración regional, por lo que parece algo arbitrario equiparar *administración pública* y *administración central*.

Sin embargo, el modelo de Gumbau aporta varias novedades relevantes, entre las que cabe señalar, especialmente, los resultados positivos y significativos obtenidos para las variables oportunidad tecnológica y capital humano con educación superior.

3.2 Coronado y Acosta (1997): Spatial distribution of patents in Spain-Determining factors and consequences on regional development.

En este artículo, los autores examinan la distribución espacial de las patentes en España y analizan los factores que inciden en esta distribución, utilizando datos de corte transversal para el año 1991, y llevando a cabo una estimación por el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios para las provincias españolas.

3.2.1 Planteamiento metodológico

Partiendo de los trabajos de Pakes y Griliches (1984), Jaffe (1986 y 1989) y Bania et al (1992) los autores toman como punto de partida un modelo del siguiente tipo:

$$K_j = F(R_j, E_j, X_j)$$

donde:

- K_j : generación de nuevos conocimientos empresarial del área j.
- R_j : gasto en I+D realizado por la industria del área j.
- E_j : gasto de las universidades del área j.
- X_j : matriz de variables que recogen las características del área j.

Coronado y Acosta modifican este modelo e introducen un retardo temporal de un año entre la realización del esfuerzo tecnológico y la publicación de las patentes, lo que da como resultado la siguiente función:

$$P_{j,t} = F(R_{j,t-1}, X_{j,t-1}, U_{j,t})$$

donde:

- $P_{j,t}$: generación aproximada de producción medida como solicitudes de patentes de la provincia j en el año t.
- $R_{j,t-1}$: variable instrumental, que mide el apoyo del gobierno a la tecnología en la provincia j, año t-1
- $X_{j,t-1}$: variable instrumental que aglutina las características empresariales y de concentración de las empresas de la provincia j, año t-1.
- $U_{j,t}$: error residual de la provincia j, año t.

La generación de la innovación (P_{jt}) es medida como logaritmo natural de las solicitudes de patentes de cada provincia en 1992 (LPAT92). El indicador de la política tecnológica estatal (R_{jt-1}) se mide a través del logaritmo natural del importe de las ayudas concedidas por el CDTI a cada provincia en 1991 (LCDT91).

Por su parte, la característica empresarial de la región y la influencia de las ventajas de aglomeración (X_{jt-1}) se mide como el logaritmo natural del número de empresas por provincias en el año 1991 (LEMP91).

3.2.2 Resultados del análisis empírico

Los resultados obtenidos por los autores al aplicar la anterior función para el caso de las provincias españolas en 1992, se recogen en la siguiente tabla:

Modelo CA: variable endógena: LPAT 92	
Constante	-2,612 (-5,640)
LEMP91	0,684 (5,143)
LCDI91	0,326 (2,820)
R ²	0,824
R ² _a	0,810

Los resultados confirman la importancia ambas variables, tanto del *número de empresas* por provincias, como, en menor cuantía, de la *política tecnológica*, medida a través del número de ayudas concedidas por el CDTI. De acuerdo con estos resultados, el número de empresas presentaría una incidencia aproximadamente el doble de importante que las ayudas del CDTI (Coeficiente de 0,684 frente a 0,326).

3.2.3 Comentario

El modelo presentado por Coronado y Acosta, si bien parte de unos planteamientos correctos, resulta en líneas generales insuficiente a causa del escaso número de variables a las que se recurre. Indudablemente, el número de empresas de una provincia, resulta un factor clave para su output tecnológico. Sin embargo, al utilizar únicamente dos variables, consideramos que, con una elasticidad de 0,326, el papel de las ayudas concedidas por el CDTI. En cualquier caso, cabe constatar que la omisión de variables relevantes, como el esfuerzo innovador medido a través del gasto en I+D o similar, o el nivel de especialización tecnológica de la región, limitan notablemente las conclusiones a las que llegan los autores, dado que su inclusión podría modificar substancialmente los resultados obtenidos por los autores.

3.3 García Quevedo (1999) Innovación tecnológica y geografía en España

En este modelo, el autor analiza si los beneficios de la investigación académica y de las actividades de los centros tecnológicos tienden en España a localizarse geográficamente y si inciden, en consecuencia, en la distribución espacial de los resultados innovadores. De modo complementario, se examina si la presencia de capital humano influye positivamente en los resultados innovadores provinciales.

3.3.1 Planteamiento metodológico

Partiendo de la función de generación de conocimiento expuesta por Griliches (1979, 1990) el autor plantea dos funciones explicativas de la innovación:

$$\text{INNOV}_i = f(\text{GINN}_i, \text{UNIV}_i, \text{STMA}_i)$$

$$\text{INNOV}_i = f(\text{GINN}_i, \text{KHSUP}_i)$$

donde:

INNOV_i: indicador de las innovaciones (patentes o modelos de utilidad) del sector privado de la región i.

GINN_i: recursos destinados a la innovación llevados a cabo por la empresa en la región i.

UNIV_i: investigación de las universidades de la región i.

STMA_i: actividad de los centros tecnológicos y científicos de la región i.

KHSUP_i: capital humano de la región i.

que autor ajusta de la siguiente manera:

$$\text{Log PAT}_i = \beta_0 + \beta_1 \log \text{GINN}_i + \beta_2 \log \text{UNIV}_i + \beta_3 \log \text{STMA}_i + E_i$$

$$\text{Log PAT}_i = \beta_0 + \beta_1 \log \text{GINN}_i + \beta_2 \log \text{KHSUP}_i + E_i$$

Estas fórmulas se aplican, utilizando datos de corte transversal para el periodo comprendido entre 1994 y 1996 sucesivamente a nivel provincial y de Comunidad Autónoma, utilizando las siguientes variables:

- Como indicador de los resultados innovadores provinciales se utiliza la media anual de las patentes privadas solicitadas por provincias (PAT) en el periodo 1994-1996. La utilización de la media de varios años permite superar, en cierta medida, los problemas que se derivan de las posibles fluctuaciones anuales en las solicitudes de patentes por provincias.
- De modo complementario a las patentes, se recurre como variable endógena a los modelos de utilidad, medidos de acuerdo a los mismos criterios que las patentes. Ambas variables están calculadas de acuerdo a los datos de la OEPM.
- Los gastos de innovación (GINN) de las empresas se presentan de acuerdo a los datos recogidos en las estadísticas del INE.
- Como indicador de la investigación universitaria, se ha recurrido al número de investigadores universitarios (UNIV) en I+D (en equivalencia a dedicación plena) por provincias para el año 1995 de acuerdo con la Estadística de la Enseñanza superior en España 1994-1995 del INE.
- Como indicador de la distribución por provincias de los centros de apoyo a la innovación tecnológica, se utiliza el personal técnico de los centros del entorno científico, tecnológico y productivo (STMA) por provincias en el año 1995, a partir de la información recogida por Fernández de Lucio et al. (1996).
- Como variable indicativa del capital humano (KHSUP) se utiliza el porcentaje de la población ocupada con estudios superiores en el periodo 1994-1996 a partir de la información disponible en Pérez y Serrano (1998).

3.3.2 Resultados empíricos

En las tablas que se presentan a continuación, se recogen los resultados obtenidos por García Quevedo para las distintas combinaciones de variables tanto a nivel provincial como de Comunidades Autónomas:

Resultados de la estimación por provincias (logaritmos)					
	GQ 1.a	GQ 1.b	GQ 1.c	GQ 1.d	GQ 1.e
	PAT	MOD	PAT	MOD	PAT
Constante	-14,734 (-4,791)	-11,818 (-3,874)	-11,265 (-4,353)	-10,039 (-4,242)	-15,151 (-10,721)
GINN	0,488 (5,243)*	0,413 (4,473)*	0,421 (3,183)*	0,420 (3,471)*	0,477 (5,748)*
UNIV	0,043 (0,207)	0,081 (0,393)			
STMA			0,386 (2,569)*	0,238 (1,732)	
KHSUP					0,630 (1,834)**
POB	0,656 (2,077)*	0,699 (2,235)*	0,383 (1,606)	0,453 (2,077)*	0,629 (4,386)*
Itu					
Nº	41	41	21	21	50
R ² _a	5,832	6,956	2,334	4,445	5,070

* estadísticamente significativos al 95% **estadísticamente significativos al 90%

A efectos informativos se recogen también los resultados obtenidos por el autor tras realizar una transformación Box-Cox, que permite estabilizar la varianza del modelo:

Resultados de la estimación por provincias (transformación Box-Cox)				
	GQ 2.a	GQ 2.b	GQ 2.c	GQ 2.d
	PAT	PAT	PAT	MOD
Constante	-8,217 (-2,197)	-11,420 (-3,215)	-11,512 (-5,038)	-9,288 (-2,619)
GINN	0,411 (4,617)*	0,490 (5,298)*	0,433 (4,711)*	0,340 (3,874)*
UNIV	0,019 (1,098)	0,021 (1,295)		0,013 (0,895)
STMA	0,043 (2,091)*		0,044 (2,195)*	0,044 (2,277)*
POB	0,226 (0,855)	0,389 (1,277)	0,476 (2,717)*	0,505 (2,034)*
Nº	50	50	50	50
R ² _a	0,801	0,784	0,798	0,829

* estadísticamente significativos al 95%

Tal y como cabría esperar, el esfuerzo innovador, medido a través del gasto en I+D, resulta estadísticamente significativo y presenta signo positivo en todos los casos. También el capital humano, medido por el porcentaje de titulados superiores sobre el

total de ocupados, se muestra como una variable significativa, como ya ocurriera en el modelo de Gumbau (1996), lo que permite constatar, que el nivel educativo incide positivamente en la capacidad y eficiencia del aprendizaje y, en consecuencia, en la capacidad para llevar a cabo innovaciones y también en la absorción de innovaciones existentes, lo que favorece la generación de nuevas innovaciones.

En tercer lugar, la variable investigación universitaria, no resulta estadísticamente significativa en ninguno de los casos, por lo que no se evidencia la existencia de spillovers universitarios.

Finalmente, la infraestructura tecnológica, medida a través del personal técnico de los centros de apoyo a la innovación, si bien resulta significativa, presenta unos coeficientes de regresión muy bajos. Finalmente, se recogen también los resultados obtenidos por el autor al aplicar la ecuación de regresión al caso a nivel de las Comunidades Autónomas que, como se puede apreciar, no difieren notablemente de los obtenidos a nivel provincial. Se han incluido los resultados obtenidos para las alternativas de variables *gasto en innovación* (GINN) y *gastos en I+D* (GID), así como *gastos en I+D de las universidades* (UNIVG) y *personal investigador universitario* (UNIVG).¹⁶

Resultados de la estimación por Comunidades Autónomas				
	GQ 3.a	GQ 3.b	GQ 3.c	GQ 3.d
	PAT	PAT	PAT	PAT
Constante	-9,699 (-4,667)	-13,296 (-5,321)	-7,029 (-2,047)	-9,700 (-4,667)
GINN	0,585 (2,863)*	0,621 (3,044)*		
GID			0,511 (4,183)*	0,535 (4,401)*
UNIVPE	0,595 (1,524)		0,332 (0,970)	
UNIVG		0,518 (1,265)		0,229 (0,639))
POB	-0,199 (-0,460)	-0,169 (-0,356)	-0,016 (-0,045)	0,058 (0,149)
Nº	17	17	17	17
R ² _a	0,779	0,768	0,847	0,841

* estadísticamente significativos al 95

3.3.3 Comentario

El modelo de García Quevedo, refleja los indicadores más importantes que inciden en la innovación tecnológica, y tiene el gran mérito de haber incluido por primera vez al caso español los efectos espaciales. Sin embargo, se echa en falta algún indicador del esfuerzo innovador llevado a cabo por la administración pública, que en el caso del sistema español de I+D, probablemente resulte más importante que el llevado a cabo por la universidad, aunque conviene tener en cuenta, que el hecho de trabajar a nivel

¹⁶ En cuanto a los resultados obtenidos por el autor al incorporar efectos espaciales (que no hemos incluido en las tablas aquí presentadas por considerar que excederían al planteamiento de este trabajo), cabe constatar, que aunque resultan significativos, presentan una magnitud muy reducida.

provincial y no de Comunidades Autónomas limita notablemente los datos de los que podía disponer el autor como, por ejemplo, la colaboración entre los agentes del sistema de innovación, etc.

Por otra parte, cabe plantear la pregunta, si la provincia desempeña verdaderamente una función política en la España actual, dado que las unidades administrativas que cuentan con una verdadera autonomía son, como su propio nombre indica, las Comunidades Autónomas.

4. Modelo aplicado a los países de la OECD

4.1 Stern, Porter y Furman (1999)

El modelo de Stern, Porter y Furman (1999), en el que se determinan los indicadores de la capacidad innovadora nacional de los países de la OECD, resulta sin duda el más completo y ambicioso de los realizados hasta el momento¹⁷.

4.1.1 Planteamiento metodológico

El modelo de Stern, Porter y Furman resulta de combinar las aportaciones teóricas de Romer (1990), Porter (1990) y Nelson (1993), que ya han sido explicadas en el primer capítulo, lo que les permite elaborar un modelo que recoge la mayor parte de los factores que inciden en los resultados innovadores de un país, superando así las limitaciones que hemos tenido ocasión de ver en algunos de los modelos anteriores.

Partiendo de la función de crecimiento endógeno de Romer, en la que el flujo de nuevas ideas depende del número de científicos y del stock de conocimiento acumulado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$A_t = \delta H_{A,t}^{\lambda} A_t^{\phi}$$

donde:

A_t = flujo de conocimientos nuevos

$H_{A,t}$ = personal total dedicado a la I+D

A_t = stock de conocimientos acumulados

Y donde, a largo plazo, λ y $\phi = 0$

A pesar de lo acertado que resulta el planteamiento de Romer, y de la importancia que el tamaño de los Recursos Humanos dedicados a la I+D tiene para explicar los resultados tecnológicos de un país, existen otros factores que inciden positivamente en el output tecnológico, y que quedan fuera del modelo. Por ello, Stern Porter y Furman amplían el mismo introduciendo una serie de variables que hacen referencia a las características económicas y de los clusters de la nación, de acuerdo a los postulados de Porter (1990) y las características propias de sistema nacional de innovación (Nelson, 1993). Concretamente, se trata de la calificación de los recursos humanos, para lo que resulta clave el peso que los sistemas de educación científica tienen en el sistema de I+D, el contexto de competitividad del país (grado de apertura a la exportación y nivel

¹⁷ Lo que se refleja en el hecho, que los autores publicaran una segunda versión, analizando en este caso sólo los países iberoamericanos, al año siguiente (Porter, Furman y Stern, 2000) y hayan publicado recientemente una versión ampliada y mejorada del mismo en el *Global Competitiveness Report 2001-2002* (Porter, Sachs et al., 2002).

de la protección de la capacidad intelectual, existencia de políticas antimonopolio, etc.), la presencia de clusters y del nivel de la demanda tecnológica interna, así como del número y de la intensidad de la interconexiones existentes en el sistema de I+D.

De todo ello resulta una ecuación, en la que la innovación está en función de la calidad de la infraestructura común de innovación (X^{INF}), del entorno innovador específico de los clusters (Y^{CLUS}) y de la calidad de los vínculos del sistema de I+D (Z^{LINK}), además del esfuerzo en I+D (A) y del stock de conocimientos acumulados (H^A) ya señalados.¹⁸ A fin de poder trabajar directamente con las elasticidades (excepto en el caso de las variables cualitativas que se recogen en porcentajes) los autores transforma la anterior ecuación en una función log-log, de manera que:

$$INN_{j,t} = \delta_{ESF} T_{j,t}^{ESF} + \delta_{TTE} U_{j,t}^{TTE} + \delta_{NTD} V_{j,t}^{NTD} + \delta_{CLT} W_{j,t}^{CLT} + \delta_{COO} X_{j,t}^{COO} + \delta_{HUM} Y_{j,t}^{HUM} + \delta_{INF} Z_{j,t}^{INF}$$

4.1.2 Resultados empíricos

Veamos a continuación los resultados obtenidos por los autores al aplicar primeramente el modelo de Romer, y ampliarlo sucesivamente hasta llegar a la anterior ecuación:

		Variable dependiente = ln (patentes) _{i,t+3}			
		Modelo base	Infraestructura Innovación	Todas las variables	Modelo CIN (preferido)
Calidad de la infraestructura de innovación					
A	Ln PIB pc	1.384 (0.086)	1.252 (0.086)	0.746 (0.098)	0.783 (0.096)
H ^A	Ln Personal I+D	1.160 (0.016)	0.878 (0.046)	0.870 (0.046)	0.883 (0.045)
H ^A	Ln Gasto en I+D		0.327 (0.047)	0.284 (0.044)	0.272 (0.044)
X ^{INF}	Gasto educación superior (% PIB)		0.110 (0.016)	0.154 (0.016)	0.152 (0.016)
X ^{INF}	Grado protección propiedad intelect.		0.245 (0.056)	0.226 (0.051)	0.221 (0.045)
X ^{INF}	Grado apertura al comercio internac.		0.095 (0.033)	0.053 (0.032)	0.061 (0.030)
X ^{INF}	Políticas antimonopolio		-0.051 (0.050)	-0.040 (0.045)	
Entorno particular de la innovación de los clusters industriales					
Y ^{CLUS}	% del gasto en I+D de las empresas			0.016 (0.002)	0.016 (0.002)
Fuerza de los vínculos entre la infraestructura común y los clusters					
Z ^{Link}	% del gasto en I+D de la universidad			0.009 (0.003)	0.009 (0.003)
Z ^{Link}	Fuerza del capital riesgo			0.032 (0.021)	
R ²		0.9378	0.9979	0.9983	0.9983
R ² _a		0.9375	0.9977	0.9981	0.9981
Casos		353	347	347	347

¹⁸ Los autores incluyen un retardo relativamente largo –tres años– entre el momento en el que se lleva a cabo el esfuerzo innovador, y el registro de la patente.

Como se puede apreciar, todas las variables, a excepción de la fuerza de capital riesgo, resultan significativas, hecho este último que los autores atribuyen a la escasa diferencia que la mayoría de países, a excepción de los Estados Unidos, presentan en su tasa de capital riesgo. Centrándonos en los resultados de la columna 4 que recoge los resultados para la combinación de variables preferida por los autores, podemos apreciar la alta elasticidad que presentan el stock de conocimiento (PIB per cápita) y los esfuerzos en I+D. Llama la atención, que el número de empleados en I+D presente una elasticidad tres veces mayor que el gasto de I+D, hecho que se explica probablemente a consecuencia de la muestra utilizada (países de la OECD), en la que la disponibilidad de recursos humanos en I+D es superior a la del gasto en I+D, es decir, en los que el esfuerzo innovador en términos de *recursos humanos* es mayor que el *económico*.

En cuanto a las variables referentes a la infraestructura, todas ellas resultan estadísticamente significativas, si bien la política antimonopolio presenta signo negativo, por lo que los autores optan por sacarla del modelo. Finalmente, llama la atención, que la participación de las empresas y de la universidad en el sistema de I+D, si bien resultan significativas, presentan ambas una elasticidad muy baja.

4.1.3 Comentario

Como ya hemos señalado anteriormente, el modelo de Stern, Porter y Furmann (1999) resulta el más completo de los elaborados hasta el momento, y habrá de influir necesariamente en futuras investigaciones de este tipo. Por ello nos limitaremos a apuntar una debilidad del mismo: no parece acertado medir el stock de conocimiento a través del PIB per cápita o del stock de patentes; en el primer caso el PIB per cápita representa sin duda el nivel tecnológico de la demanda, pero no necesariamente del conocimiento acumulado. Baste pensar en el caso de algunas naciones “petroleras”, que presentan unos PIB per cápita muy elevados, sin que ello implique necesariamente la existencia de un stock de conocimiento elevado. Y, en el segundo caso, no estaríamos utilizando el número de patentes, a la vez, como variable dependiente e independiente; es decir, que estaríamos explicando las patentes actuales en función de las patentes pasada y actuales, aunque ciertamente, existen por el momento pocas medidas alternativas.

5. Análisis empírico

5.1 Planteamiento teórico

Al igual que la mayoría de los modelos anteriormente presentados, partimos de la función básica de generación de ideas de Griliches (1979) en la que la generación de ideas depende primeramente del esfuerzo innovador, es decir, de los recursos que se destinan a la investigación:

$$K = f(R) \quad (1)$$

donde:

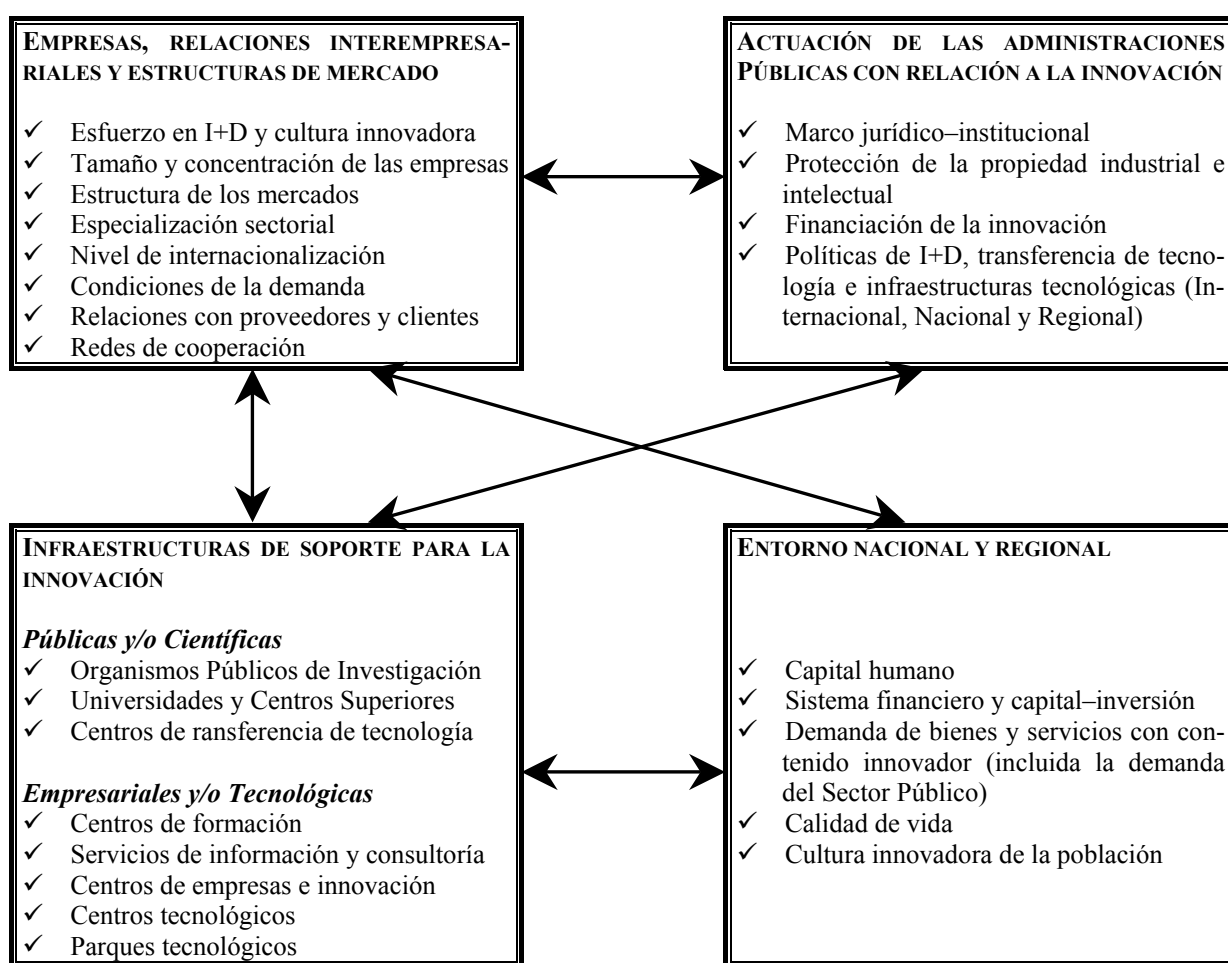
K= nuevos conocimientos valorables económicamente
R= recursos destinados a la investigación

a la que, de acuerdo con Griliches (1990) y Bania, Calkins y Dalenberg (1992) incorporamos un vector (Z_r) que recoge las características propias de la región o nación, de manera que:

$$K_r = f(R_r, Z_r) \quad (2)$$

donde Z_r puede ser sustituido directamente por una combinación lineal de los indicadores regionales oportunos.

En un siguiente paso resulta necesario definir de forma más precisa Z_r , es decir, determinar aquellos grupos de variables que caracterizan la región y que inciden de forma significativa en la generación de spillovers tecnológicos, dando lugar a un mayor flujo de innovaciones. Para ello incluimos aquellos componentes que, de acuerdo con Heijs (2001), caracterizan un sistema de innovación, y que se recogen en el siguiente esquema:



Fuente: Buesa (2002)

En nuestro caso, y tras realizar las oportunas estimaciones previas, consideramos que la generación de innovaciones de una región (INN) depende del esfuerzo innovador realizado (ESF), del tamaño tecnológico empresarial (TTE), del nivel tecnológico de la demanda (NTD), del grado de la “cultura innovadora de la región (CLT)¹⁹, de la cooperación entre los distintos agentes en materia de innovación (COO), de los recursos

¹⁹ Consideramos, que el peso relativo de la industria de alta tecnología de una región actúa, junto al nivel tecnológico de la demanda, como indicador de la *cultura innovadora* de una región.

humanos dedicados a la I+D (HUM) y de la infraestructura de soporte a la innovación existente en la región (INF), de manera que:

$$INN = f(ESF, TTE, NTD, CLT, COO, HUM, INF) \quad (4)$$

Obviamente, esta función no resulta excluyente, y existen otros factores que inciden positivamente en los resultados tecnológicos de una región, como las políticas impulsadas por la las diversas administraciones, etc. Sin embargo, dado que estas no se pueden cuantificar directamente, deberán medirse a través del conjunto de determinantes arriba indicados.

En definitiva, nuestro modelo de regresión vendrá definido por la siguiente función (5):

$$INN_{j,t} = \delta_{ESF} T_{j,t}^{ESF} + \delta_{TTE} U_{j,t}^{TTE} + \delta_{NTD} V_{j,t}^{NTD} + \delta_{CLT} W_{j,t}^{CLT} + \delta_{COO} X_{j,t}^{COO} + \delta_{HUM} Y_{j,t}^{HUM} + \delta_{INF} Z_{j,t}^{INF}$$

Como ya hemos señalado, cada uno de estos indicadores puede ser medido a través de una o más variables (que serán explicadas detalladamente en el siguiente apartado) las cuales se agrupan en siete factores principales que resumimos en la siguiente tabla:

Variables independientes utilizadas en este modelo

Abreviatura	Factores	Nombre y fuente de la variable	Interpretación
ESF HUM	Esfuerzo innovador	<ul style="list-style-type: none"> Gasto interno en I+D (INE a) Stock de capital tecnológico (Buesa et al 2001a) Empleados en I+D (INE a) 	<ul style="list-style-type: none"> Coste de desarrollo de ideas nuevas e innovaciones Stock de conocimiento, cultura tecnológica RR.HH dedicados a la I+D. Es necesario contar con una masa crítica de investigadores para crear sinergias, etc.
TTE	Tamaño tecnológico empresarial	<ul style="list-style-type: none"> Número de empresas innovadoras (INE b) Número de empresas que realiza I+D sistemática (INE b) Valor añadido bruto de la industria de tecnología alta y media alta (elaboración del IAIF en base a datos del INE) Número de técnicos y auxiliares por investigador en I+D (elaboración del IAIF en base a datos del INE) 	<ul style="list-style-type: none"> Las patentes son registradas mayoritariamente por agentes del sector de productivo, especialmente por parte de empresas que innovan con regularidad. Mide la dispersión de las actividades en I+D, indicando el tamaño y la masa crítica de los grupos de investigación.
CLT	Cultura innovadora	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje del VAB de tecnología alta y media alta respecto al VAB total (elaboración del IAIF en base a datos del INE) Gasto total en I+D / Producto interior bruto (INEa) 	<ul style="list-style-type: none"> Cultura innovadora general de una región, oportunidad tecnológica
NTD		<ul style="list-style-type: none"> Producto interior bruto per cápita (INE b) 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel tecnológico de la demanda
INF	Infraestructura tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura de apoyo a la innovación (Fernandez de Lucio, 1996) Cuánta del Capital Riesgo (Martí Pellón 2000) Calidad del sistema de educación científica (elaboración IAIF en base a Miguel et al, 2001) 	<ul style="list-style-type: none"> Teoría de los sistemas nacionales de innovación
COO	Colaboración e interacción entre agentes	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de empresas que colaboran en materia de I+D con otros agentes del sistema nacional de innovación (INE b) 	<ul style="list-style-type: none"> Interacción entre los agentes del sistema de I+D

INEa: Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (varios años)

INEb: Encuesta sobre innovación tecnológica en empresas (varios años)

5.2. La medición de la innovación (INN): patentes, modelos de utilidad y publicaciones (Variables dependientes)

A la hora de cuantificar el progreso tecnológico que experimenta un país o una región se recurre básicamente a dos tipos de variables: el número de patentes y el número de innovaciones. Como ya hemos señalado anteriormente, el número de innovaciones tiene la ventaja de recoger únicamente aquellas novedades que han llegado a ser comercializadas y que, por tanto, han resultado exitosas desde un punto de vistas empresarial.

Sin embargo, dada la falta de datos acerca del número de innovaciones desagregados a nivel de las Comunidades Autónomas hemos recurrido, como en la mayoría de los modelos anteriormente tratados, al número de patentes como variable dependiente. En cualquier caso, los estudios empíricos apuntan a que no existen grandes diferencias en los resultados al utilizar una u otra variable (véase Jaffe, 1989 y Acs et al.,1992).

5.2.1 Patentes

En este trabajo hemos optado por utilizar como variable dependiente las solicitudes de patentes publicadas por la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Empíricamente, se encuentran estudios –tanto a nivel nacional como internacional- que respaldan la existencia de correlación entre una medida del input de la innovación como los gastos de I+D y una medida del output de la innovación como el número de patentes registradas (véase, entre otros, Pavitt, 1985; Griliches, 1990; Patel y Pavitt 1995, Buesa, Molero et al. 2001). Además, frente a otras medidas de output de la innovación, las patentes garantizan un nivel mínimo de originalidad, además de presentar una elevada probabilidad de convertirse en un producto innovador (Buesa, Molero, Navarro et al. 2001).

Pero la utilización de patentes como medida de innovación tecnológica también presenta algunos inconvenientes, señalados por Griliches (1990): en primer lugar, no todas las innovaciones encuentran su reflejo en forma de patente, ya que las empresas pueden optar por otras formas de protección de sus descubrimientos, recurriendo, por ejemplo, al propio secreto industrial.²⁰

En segundo lugar, aunque las patentes -por su propia definición como novedad mundial- garantizan un determinado nivel de novedad y originalidad, también es cierto que el valor de las patentes es heterogéneo, es decir, no refleja las diferencias de calidad existentes entre ellas. Como señalan Buesa, Molero, Navarro et al. (2001) “se trata de una restricción a tener en cuenta, pero con dos matices: el primero se refiere a que el mismo problema se presenta con cualquier otra forma de medir la actividad tecnológica, incluidos los gastos en I+D, pues, en efecto, el valor monetario de ésta se determina desde los costes de producción y no a partir de la calidad de sus resultados; y el segundo tiene que ver con la ley de los grandes números, pues si [en el caso de] las patentes [...] como ocurre en la práctica, se emplean datos de miles de ellas, es posible suponer que su calidad se distribuye de una manera similar para cualquier tipo de agregación, probablemente siguiendo una curva normal.”

²⁰ Esto es especialmente cierto en el caso español, en el que existe una propensión relativamente baja a patentar.

No obstante, y siguiendo la argumentación de Buesa, Molero, Navarro et al. (2001) el empleo de patentes presenta otro inconveniente, dado que muchas veces se patentan sólo elementos parciales de una innovación o simplemente conocimientos que abren la posibilidad de establecer una innovación futura, y que no reflejan, en un sentido estricto, el output del sistema de innovación, aunque -y ahí radica su ventaja- se acerquen más a este que los datos referidos a la actividades de I+D.

La siguiente tabla resume las principales ventajas e inconvenientes a la hora de utilizar las patentes como indicador de la innovación.

Patentes	
Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Detalle por agentes y campos tecnológicos. • Disponibilidad de datos regularmente obtenidos y con series temporales largas. • Comparabilidad internacional • Reflejo de la obtención de tecnologías nuevas y de las innovaciones incrementales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exclusión casi total de la investigación de carácter científico. • Diferencias en la propensión de patentar de los sectores, países y empresas. • Diferencias en la calidad individual de cada patente. • Reflejan un éxito tecnológico pero no necesariamente un éxito o un impacto económico. • Su significatividad es menor en los ámbitos territoriales en los que el números de patentes es bajo.

Fuente: Buesa, Molero, Navarro et al. (2001)

Las cifras de patentes han sido elaboradas por el IAIF a partir de datos de la OEPM y de la Oficina Europea de Patentes (OEB). La OEB computa las patentes de acuerdo a la residencia del inventor, resultando, por tanto más ajustadas – desde un punto de vista terico- que las ofrecidas por la OEPM, que las computa en función de la residencia del propietario. Sin embargo, la variación interregional de ambas variables resulta mínima, por lo que optamos por continuar utilizando los datos de la OEPM tanto para las patentes “españolas” como para las “europeas”, entendiendo por “españolas” las solicitadas para el territorio español, y por “europeas” las solicitadas para el territorio de algún país miembro de la Unión Europea.

Por otra parte, hemos creído conveniente reflejar la mayor valía de las patentes europeas (que requieren un proceso más costoso tanto en tiempo como en dinero y, por tanto, tienen mayor posibilidad de convertirse en innovación) ponderándolas respecto a las españolas por un factor cinco, dado que las patentes europeas se registran para una media de cinco países. De manera que hemos calculado las patentes de acuerdo a la siguiente función:

$$PAT_R = PAT_{E,R} + 5 * PAT_{EU,R}$$

Donde PAT_R es la suma de las patentes ponderadas de la región R, y $PAT_{E,R}$ y $PAT_{EU,R}$ son respectivamente las patentes “españolas” y las patentes “europeas” de la región R. Finalmente, dado que transcurre un determinado tiempo entre que se comienza a la investigación se obtienen resultados patentables, hemos introducido un retardo de un año entre las variables independientes y el output tecnológico. Este retardo resulta

menor que el utilizado por Stern, Porter y Furman (1999), ya que consideramos, que para el caso español, la relación entre I+D y patentes es casi contemporánea (Buesa y Molero (1992). De acuerdo a estos autores, este comportamiento se puede explicar por dos razones complementarias: “por un lado, se patenta en fases tempranas de la investigación como medio de protección de los logros alcanzados; y, por otro, una gran parte de la I+D se centra en el desarrollo tecnológico, fase ésta en la que se obtienen la mayoría de logros patentables (Buesa y Molero, 1992)

5.2.2 Modelos de utilidad

Otra variable de output a la que hemos recurrido como indicador complementario a las patentes han sido los modelos de utilidad. A diferencia de las primeras, los modelos de utilidad protegen una invención de menor rango, es decir, que se les exige tan sólo una novedad a nivel *nacional*, mientras a las patentes se les exige un nivel de novedad *mundial*. El menor coste de registro de los modelos de utilidad, junto a su menor rango inventivo, hace que estas novedades presenten una menor probabilidad de verse convertidas en innovaciones. Los datos han sido tomados de García Quevedo (1999) y de la OEPM.

5.2.3 Publicaciones

Como alternativa a nuestro output “base” –patentes españolas y europeas- hemos tomado en consideración el número de publicaciones como medida de la producción científica de una región. Para ello hemos recurrido a los datos publicados en Comunidad de Madrid (2002), que recogen los datos bibliográficos internacionales del Institute for Scientific Information (ISI) de Estados Unidos: es decir, el Science Citation Index (SCI), el Social Science Citation Index (SSCI) y el Arts & Humanities Citation Index (A&HCI), que recogen, en total, unas 8.000 revistas de la corriente principal de la ciencia internacional, así como los datos bibliográficos nacionales, elaborados por el CSIC: ICYT (Ciencia y Tecnología), ISOC (Ciencias Sociales y Humanidades) e IME (Índice Médico Español) que, en suma hacen recuento de alrededor de 1.400 revistas españolas.

De acuerdo a Buesa, Molero, Navarro et al. (2001) la utilización de datos bibliométricos presenta una serie de inconvenientes: en primer lugar, el número de publicaciones mide la actividad de innovación científica, pero es muy discutible su empleo en la evaluación de los procesos de innovación. Y dentro de la investigación, el número de publicaciones solo resulta significativo como resultado de la investigación pública, ya que las empresas no tienen ningún incentivo para hacer públicos los resultados de sus investigaciones. En tercer lugar, las bases de datos bibliográficos no suelen incluir publicaciones en lenguas de bajo uso internacional. Y, finalmente, estas base tampoco suelen incorporar comunicaciones orales (conferencias), ni libros, ni monografías, que “si se adopta una perspectiva basada en el “impacto” de las publicaciones, debieran considerarse de primer orden, muchas veces en un nivel superior al que pueda atribuirse a buena parte de los artículos de revistas científicas” (Buesa, Molero, Navarro et al, 2001).

5.3 Variables explicativas de la innovación

5.3.1 Esfuerzo innovador (ESF y HUM)

5.3.1.1 Gasto interno en I+D

Existe una clara evidencia empírica que demuestra la alta correlación entre los gastos en I+D de un país o región y el nivel de innovación del mismo medido a través del número de patentes (véase, entre otros, Griliches, 1990). Hemos utilizado la variable *gasto interno en I+D*, por ser la que mejor se ajusta al modelo.

5.3.1.2 Stock de capital tecnológico

Además del gasto en I+D hemos recurrido a otro indicador del esfuerzo innovador, como es el *stock de capital tecnológico*, que recoge el valor agregado y amortizado del gasto en I+D de los cinco años anteriores al que tomamos como referencia. Esta variable presenta una serie de ventajas frente al *gasto en I+D*: en primer lugar, y de acuerdo con Buesa et al (2001b), la variable que influye en sobre la producción no es tanto el flujo de pagos representado por los gastos en I+D, sino el fondo acumulado de conocimientos que se logra a partir de él, y del que el stock de capital tecnológico parece una aproximación acertada. En segundo lugar, el stock de capital tecnológico representa el conjunto de conocimientos que se han venido obteniendo a lo largo del tiempo, agregando la experiencia adquirida en la realización de actividades de I+D, convenientemente amortizadas en función de los elementos que se van quedando obsoletos o que carecen de posibilidades para su aplicación (Buesa et al, 2001b). De esta manera, el stock de capital tecnológico no sólo representa el esfuerzo económico en I+D agregado, sino que actúa simultáneamente, como variable indicadora del conocimiento acumulado. En este sentido, la inclusión de esta variable permite superar inconveniente que hemos criticado anteriormente en el modelo de Stern, Porter y Furman (1999), consistente en medir el stock de conocimiento a través de la variable stock de patentes, lo que, en definitiva, equivale a explicar la creación de patentes actuales en función de las patentes pasadas.

Los datos del stock de capital tecnológico han sido tomados de Buesa et al (2001b), calculados de acuerdo con la siguiente función:

$$T_t = (1-0,15)T_{t-1} + (0,20GID_{t-1} + 0,30GID_{t-2} + 0,30GID_{t-3} + 0,20GID_{t-4})$$

Donde T_t representa el stock de capital tecnológico en un momento determinado (t) y GID el gasto en I+D. Las tasas de depreciación, dado que se carece de evidencias empíricas para determinarlas, han sido estimadas por Buesa et al. en base a Soetel y Patel (1985).

5.3.1.3 Empleados en I+D

Recoge el número total de empleados dedicados a la I+D en su correspondencia a empleados a tiempo total. Esta variable presenta una alta correlación (0,978) con el gasto en I+D.

5.3.2 Tamaño tecnológico empresarial (TTE)

5.3.2.1 *Número de empresas innovadoras*

Como señala COTEC (1998), las empresas son el elemento fundamental de todo el proceso de innovación, por ser el único especializado en ofrecer productos y servicios al mercado. Las empresas innovadoras, de acuerdo a INE (2000) se definen como “empresas industriales, cuya actividad económica principal se corresponde con las secciones C, D y E de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas de 1993, excluyéndose las empresas que no son industriales al ser todavía impreciso el marco metodológico en el contexto internacional para otras ramas de actividad”.

5.3.2.2 *Empresas que realizan I+D sistemática*

Como alternativas al número de empresas innovadoras hemos recurrido al número de empresas que realizan I+D sistemática. De acuerdo al INE (1999) se entiende por empresas que realizan I+D sistemática “aquellas que han realizado I+D en años anteriores, o bien han recibido financiación pública para realizar I+D, o bien han declarado actividades de I+D en la encuesta de innovación”. Para evitar la alta correlación existente entre esta variable y el número de empresas innovadoras, tal y como las recoge la Estadística de Innovación, hemos preferido en este caso cambiar de fuente, y utilizar el número de empresas que realizan I+D que recoge la Estadística de I+D del INE.

5.3.2.3 *Valor añadido bruto del sector industrial de alta tecnología*

La información ha sido extraída de la Contabilidad Regional de España elaborada por el INE, de acuerdo con la siguiente tipología: la tecnología alta y media-alta se incluye:

- Industria química.
- Maquinaria y equipo mecánico.
- Equipo electrónico y óptico.
- Fabricación y material de transporte.

En la tecnología media-baja y baja se han incluido las siguientes ramas de actividad:

- Alimentación, bebidas y tabaco.
- Textil, confección, cuero y calzados.
- Madera y corcho.
- Papel, edición, artes gráficas.
- Otros productos y minerales no metálicos.
- Metalurgia y productos metálicos.
- Industria manufactureras diversas.

El VAB de tecnología alta y media-alta, se utiliza como indicador del tamaño de la industria de alta tecnología.

5.3.2.4 Número de técnicos y auxiliares por investigador

Además del número total de empleados en I+D, hemos recurrido a una variable que mide el tamaño de los grupos de investigación. La que mejor se ha ajustado al modelo ha sido el número de ayudantes por investigador en I+D, desagregados para los siguientes agentes: empresas, administración pública y universidades.

5.3.3 Cultura innovadora (CLT y NTD)

5.3.3.1 Grado de especialización tecnológica de la región

Por su parte, el VAB de tecnología alta y media-alta respecto al VAB total, nos permite medir el grado de propensión tecnológica de una región. Se ha podido constatar el mayor grado de capitalización así como de tecnologías accesibles en los sectores industriales de alta tecnología (Gumbau, 1996). Como ya hemos señalado, entendemos que esta variable refleja la “cultura innovadora” de una región.

5.3.3.2 Esfuerzo innovador relativo

Paralelamente al esfuerzo innovador absoluto, hemos incorporado una variable relativa, el gasto en I+D respecto al PIB, que representa el peso de la I+D de una región. Hasta cierto punto, esta variable equivale a la propensión de una región a la I+D.

En segundo lugar, incluimos el gasto de I+D de una región por persona empleada en I+D. En ambos casos las variables se desglosan para los sectores empresa, administración pública y universidad.

5.3.3.3 Nivel tecnológico de la demanda/PIB per cápita

El Producto Interior Bruto per cápita, aparte de medir el tamaño económico relativo de una región, actúa como indicador del nivel tecnológico de la demanda. Como indican Stern, Porter y Furman (2000): “el PIB per cápita mide la habilidad de un país (en nuestro caso de una región) para convertir su stock de conocimiento en un nivel aplicado de desarrollo económico, convirtiéndolo en un control agregado de la sofisticación tecnológica”.

5.3.4. Infraestructura tecnológica (INF)

5.3.4.1 Estructuras de apoyo a la innovación

Como señala COTEC (1998) las infraestructuras de soporte a la innovación son elementos destacados de cualquier sistema nacional de innovación, pero su importancia es mucho mayor cuando -como en el caso español- las empresas son pequeñas y están concentradas en sectores tradicionales. El objetivo fundamental de los centros de infraestructuras de apoyo es facilitar, mediante la provisión de distintos servicios, la actividad innovadora de las empresas, prestando servicios de información y asesoramiento técnico y tecnológico, actividades de transferencia tecnológica, realización de actividades de I+D, cooperación interempresarial, servicios de laboratorio, etc. (García Quevedo, 1999). De acuerdo con Fernández de Lucio (1996),

se distinguen cuatro tipos de centros en función del entorno del sistema de innovación en que estén desempeñando un papel de interfaz, dando lugar a la siguiente clasificación:

1. Entorno científico: constituido sobre todo por las universidades y los organismos públicos de investigación, y en los que básicamente se producen conocimientos científicos (Fundaciones Universidad Empresa, Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación, etc).
2. Entorno tecnológico: formado por las unidades de I+D de las empresas, los institutos tecnológicos y las empresas de ingeniería, bienes de equipo y servicios técnicos. Tienen como actividad principal el desarrollo de tecnologías (Institutos Tecnológicos, Centros de Servicios Técnicos, Consultores Tecnológicos, etc).
3. Entorno productivo: estaría constituido por las empresas y, en consecuencia, su actividad es la producción de bienes y servicios (Centros de Empresas e Innovación, Parques tecnológicos, etc).
4. Entorno financiero: formado por las fuentes de financiación tradicionales, como el sistema bancario y el mercado de valores, y por otras de creación o desarrollo más reciente como las sociedades de capital riesgo y las de garantía recíproca. Su función es ofrecer recursos financieros (Centro para el Desarrollo Tecnológico Regional, determinadas agencias de desarrollo regional, etc).

Se ha utilizado el número de cada uno de estos entornos para cada región.

5.3.4.2 Personal técnico total de las estructuras de interfaz

Para valorar correctamente el “peso” de cada centro de interfaz, hemos optado por medir las estructuras de interfaz a través del número de empleados técnicos en equivalencia a dedicación plena, en concreto, a la suma del personal del entorno científico, tecnológico y productivo, es decir, excluyendo el personal del entorno financiero, dado que, como tendremos ocasión de comprobar más adelante, no se evidencia una incidencia estadísticamente significativa del entorno financiero en el output tecnológico, ni un peso especial como agente del sistema de I+D. Al igual que las variables del epígrafe anterior, hemos utilizado los datos de Fernández de Lucio et al (1996) tal y como los recoge García Quevedo (1999).

5.3.4.3 Capital inversión

Partiendo de los postulados de Porter Stern y Furman (1999), hemos incluido la cuantía de las operaciones de capital riesgo de cada región, como indicador del capital inversión. Los datos han sido tomados de Martí Pellón (1997 y 2000).

5.3.4.4 Calidad del sistema educativo científico

La mayoría de los autores coinciden en la importancia que el sistema educativo científico ejerce en el sistema de innovación de un país o una región, aunque los resultados empíricos, a diferencia de los obtenidos en el caso de los Estados Unidos

(Jaffe, 1989; Stern, Porter y Furman, 2000²¹) hasta la fecha no avalen esta hipótesis en el caso de España (García Quevedo, 1999)²².

Sin embargo, hemos creído conveniente incluir esta variable por dos motivos: en primer lugar, la medición de la calidad universitaria a través del denominado índice investigador de las universidades, permite introducir en el modelo una medida de la calidad de las investigaciones realizadas por las universidades, factor que debería incidir en el output innovador. Por otra parte, el nivel de la enseñanza superior también repercute en el nivel del capital humano del sistema científico y tecnológico, es decir, en la calidad de los recursos humanos de una región.

El inconveniente de este indicador resulta obvio: no tiene en cuenta la movilidad geográfica de los licenciados, es decir, da por supuesto que la gran mayoría de ellos licenciados trabajan en la comunidad en la que han cursado sus estudios. En un reciente trabajo Porter, Sachs et al (2002) han soslayado este problema introduciendo una variable que mide la capacidad de una región para retener a sus ingenieros y científicos, lo que, por el momento, resulta imposible para el caso español dada la inexistencia de datos que recojan la movilidad intra-regional según el nivel de educación.

Hemos calculado el índice de la calidad investigadora universitaria de las regiones en base al índice investigador elaborado por de Miguel, Caïs y Vaquera (2001) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Índ}_{\text{Investigador}} = \frac{(FET * 2 + PRO * 10 + LBE * 2 + MPR/2 + TDE * 15 + ETC)}{40}$$

donde:

- FET: Centros con carreras largas (en número absolutos)
- PRO: Tasa de profesorado (según el tamaño de la universidad)
- LBE: Libros de biblioteca (por estudiante)
- MPR: Mujeres profesoras (% del total de profesorado)
- TDE: Títulos de doctor concedidos (por cada mil estudiantes)
- ETC: Estudiantes que terminan la carrera en los años justos (en % de los que empezaron)

Dado que en la citada obra sólo figura el índice investigador de las universidades públicas, hemos calculado e incluido el índice investigador de las siguientes universidades privadas “históricas”, para las que están disponibles todos los datos necesarios: Universidad de Deusto, Universidad de Navarra, Universidad Pontificia Comillas, Universidad Pontificia de Salamanca y Universidad Ramón Llull. Por otra parte, hemos optado por sacar de la lista a la UNED, que bajaba de forma significativa la media de Madrid (la media de las universidades de la Comunidad de Madrid se sitúa en 7,37, mientras que la UNED presenta un valor de 1,9).²³

²¹ Como ya se ha visto, los autores miden el impacto innovador del sistema universitario como porcentaje del PIB destinado a la enseñanza superior.

²² García Quevedo (1999) obtiene resultados positivos y estadísticamente significativos únicamente para el sector de la electrónica, utilizando como medida alternativamente los gastos de la universidad en I+D y el personal investigador universitario.

²³ La UNED suele adscribirse geográficamente a Madrid, lo que ignora el hecho que, al tratarse de una universidad a distancia, tiene alumnos en todas las provincias españolas, por lo que sería más correcto computarla a cada Comunidad Autónoma en proporción al número de alumnos residentes en las respectivas comunidades. Por otra parte, el índice investigador de la UNED es poco representativo: p.e. a la hora de comparar el número de alumnos que iniciaron estudios en la UNED en 1996 (26.228) frente a

Para reflejar el peso de cada universidad dentro de la Comunidad Autónoma respectiva, hemos optado por ponderar el índice investigador de cada universidad por el número de licenciados de dicha universidad respecto al total de licenciados de la CA, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$CUR_{CA,t} = \sum_{CA,t} \frac{Ind_{U,t} * Lic_{U,t}}{Lic_{CA,t}}$$

donde:

$CUR_{CA,t}$: Calidad Universitaria Regional (Índice Investigador) de la Comunidad (CA), año (t)

$Ind_{U,t}$: Índice Investigador de la universidad (U), año (t).

$Lic_{U,t}$: Número de licenciados de la universidad (U) año (t)

$Lic_{CA,t}$: número total de licenciados en la Comunidad (CA), año (t)

5.3.5. Colaboración e interacción entre agentes del sistema de I+D (COO)

Esta variable mide el porcentaje de empresas innovadoras que cooperan con otros agentes del sistema de innovación en materia de I+D, tal y como las recoge la Estadística de Innovación del INE. La cooperación, a pesar de que históricamente no haya resultado significativa para el caso español (Cotec, 1998) resulta clave en cualquier sistema de innovación. Véase entre otros Fritsch y Lucas (1999).

5.4 Metodología y primeros resultados

El modelo de regresión se ha calculado como modelo de mínimos cuadrados ordinario, tomando datos de corte transversal para los años 1995-1997, lo que permite superar, hasta cierto punto, las fluctuaciones más o menos marcadas, que de un año a otro presentan algunas Comunidades. Sin embargo, la utilización de datos de corte transversal, en lugar de series, restringe el número de casos con los que se trabaja y, en consecuencia, si el modelo incluye muchas variables, da lugar a ajustes que pueden parecer demasiado elevados a primera vista. Por otra parte, y como se indica en el título general de este trabajo, los resultados presentados a continuación deben considerarse como “primeros resultados”, pues hemos podido evidenciar la conveniencia de llevar a cabo un segundo estudio, complementario, con datos de panel para cinco años.²⁴ En consecuencia, en los modelos que se presentan a continuación no deberán tomarse tanto en cuenta el valor exacto de los coeficientes calculados – sujetos a modificaciones en posteriores estudios- como el peso relativo de los mismos dentro de cada modelo, valor este que resulta relativamente constante. Por este motivo se presentan únicamente los valores de los coeficientes estandarizados (BETA).

los 3.021 que acabaron sus estudios en ese mismo año, y eso sin tener en cuenta el número de ellos que la acabaron en el número de años previstos. Conviene recordar, que la UNED persigue una función *social* distinta a la del resto de la universidades.

²⁴ Que ya se están llevando a cabo en el Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

5.5 Resultados empíricos

5.5.1 Patentes como output

Orden de entrada de las variables Output:s suma ponderada patentes				
	Coeficientes estandarizados (Beta)			
	Modelo 0.1	Modelo 0.2	Modelo 0.3	Modelo 0.4
Stock de capital tecnológico	0,813 (0,000)	0,170 (0,009)	0,207 (0,003)	0,160 (0,004)
VAB tecnología alta y media- alta		0,855 (0,000)	0,574 (0,001)	0,356 (0,008)
Nivel tecnológico de la demanda			0,098 (0,047)	0,289 (0,001)
Número de empresas innovadoras			0,226 (0,036)	0,452 (0,066)
% de empresas colaboradoras				0,081 (0,026)
Técnicos y auxiliares por investigador de la adm. públ.				0,192 (0,192)
R^2_a	0,639	0,975	0,982	0,991

Los resultados presentados en la anterior tabla, obtenidos por el método “hacia adelante”, concuerdan en parte, con los obtenidos al aplicar el método “hacia atrás” (véase la tabla que sigue, modelo 1.1), en el que en un primer momento se introducen todas las variables en la ecuación, y se van eliminando de la misma aquellas cuya significación a la explicación de la variable dependiente no sean significativas. Sólo en este caso, aquella que tenga un menor coeficiente de correlación parcial es eliminada. Este procedimiento se repite hasta que todas las variables incluidas en la ecuación cumplen los criterios de pertenencia, es decir, ninguna puede ser eliminada, porque todas y cada una de las variables incluidas explican una parte significativa de la variable dependiente (Etxeberria, 1999). Este procedimiento tiene la ventaja de garantizar que ninguna variable significativa quede fuera de la ecuación (Peña, 1993). Sobre los modelos “iniciales” así obtenidos, se han ido sustituyendo las variables individualmente, para determinar las variaciones del mismo ante estos cambios.

La siguiente tabla recoge los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento “hacia atrás”:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa	
	Coefficiente estandarizado (Beta)
	Modelo 1.1
VAB tecnología alta y media-alta	0,215 (0,018)
Stock de capital tecnológico	0,250 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,204 (0,004)
Nº de empresas innovadoras	0,370 (0,001)
Empresas que realizan I+D sistemática	0,212 (0,038)
% de empresas colaboradoras	0,115 (0,038)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,121 (0,013)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,125 (0,013)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,053 (0,019)
R^2_a	0,999

Como se puede apreciar, a diferencia del modelo 1.0 en el que las variables fueron introducidas “hacia adelante”, el modelo 1.1 incluye el *número de empresas que realizan I+D sistemática*. En contra de lo que cabría esperar, el factor que incide más directamente en el nivel de innovación de una región no es el *esfuerzo innovador*, sino el *número de empresas innovadoras*, con un coeficiente estandarizado Beta de 0,370. El esfuerzo innovador, medido a través del *stock de capita tecnológico*, sólo figura en segundo lugar, con un Beta notablemente inferior (0,250). Una posible explicación a este hecho es que el esfuerzo innovador es medido a través del stock de capital tecnológico o a través del gasto en I+D de toda la región, incluyendo, por tanto, el esfuerzo innovador llevado a cabo por la administración pública y la universidad, cuya propensión a patentar es ciertamente inferior a la de las empresas.

Le siguen, a menor distancia, y con coeficientes muy similares, el *tamaño de la industria de tecnología alta y media-alta* (Beta 0,215), las *empresas que realizan I+D sistemática* (Beta 0,212) y el *nivel tecnológico de la demanda*, medido a través del PIB per cápita (Beta 0,204). Cabe resaltar, igualmente, que el indicador de los recursos humanos resulta estadísticamente significativo para las tres variables *técnicos y auxiliares por investigador*, tanto para las empresas (Beta 0,125) como para la administración pública (Beta 0,121) y la universidad (Beta 0,053), de lo que se concluye la importancia del tamaño de los grupos de investigación. El papel de la universidad como agente de la innovación también encuentra reflejo en la inclusión de otra variable, el *gasto de la universidad en I+D por persona ocupada en I+D* (Beta 0,099). Finalmente, cabe resaltar, que tanto la variable *% de empresas que colaboran en I+D* (Beta 0,115) como la *calidad del sistema educativo científico* (Beta 0,029), resulten estadísticamente significativo y positivos, con lo que se obtiene la evidencia empírica

que demuestra la incidencia de estos factores en la innovación tecnológica de las regiones españolas.

Como acabamos de señalar, el modelo 1.1 incluye un indicador del tamaño de la industria de tecnología alta y media alta, medida en términos del VAB. Sin embargo, la utilización de esta variable por si sola puede resultar insuficiente, por lo que se repite la regresión, sustituyendo el *VAB de tecnología alta y media-alta* en términos absolutos, por el *porcentaje del VAB de tecnología alta y media-alta respecto al VAB total*. Es decir, que tomamos en consideración el grado de propensión a la alta tecnología de una región, que, en cierta medida, equivale a la oportunidad tecnológica de la región. Al incluir esta variable, la *calidad del sistema de educación científico* pierde su significatividad estadística y, dado que a sacarlo de la ecuación mejora levemente el ajuste de la misma, los resultados se presentan a continuación sin dicha variable (modelo 1.2). A fin de facilitar la comparación, se presentan nuevamente los datos del modelo de referencia 1.1:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa		
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 1.1	Modelo 1.2
VAB tecnología alta y media-alta	0,215 (0,018)	
% VAB tecnología alta y media-alta respecto al VAB total		0,053 (0,100)
Stock de capital tecnológico	0,250 (0,000)	0,258 (0,002)
Nivel tecnológico de la demanda	0,204 (0,004)	0,215 (0,006)
Nº de empresas innovadoras	0,370 (0,001)	0,405 (0,001)
% de empresas colaboradoras	0,115 (0,038)	0,091 (0,035)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,121 (0,013)	0,127 (0,023)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,125 (0,013)	0,129 (0,006)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,053 (0,019)	0,051 (0,053)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,099 (0,002)	0,096 (0,009)
Calidad del sistema educativo científico	0,029 (0,088)	--- ---
R ² _a	0,999	0,997

---: indica que la variable ha sido sacada del modelo al no resultar significativa.

Como podemos apreciar, el *porcentaje del VAB de tecnología alta y media-alta* se mantiene en el límite de la significatividad estadística y, si bien presenta un coeficiente positivo, este resulta relativamente bajo (Beta 0,053). En cambio aumenta le coeficiente

del *número de empresas innovadoras*, que pasa de un Beta de 0,370 en el modelo 1.1 a un Beta 0,405 en el modelo 1.2.

En un siguiente paso hemos procedido a eliminar la variable *empresas que realizan I+D sistemática*, a fin evitar la correlación existente entre estas variable y el *numero de empresas innovadoras*. Por otra parte, la eliminación de esta variable no debería afectar especialmente al modelo, ya que ambas cuantifican un mismo indicador, el tamaño del sistema de I+D empresarial, y el *número de empresas innovadoras* se ajusta mejor al modelo. Al igual que en modelo anterior, hemos calculado las nuevas ecuaciones tanto para el *VAB de tecnología alta y media-alta* absoluto como relativa. Conviene recordar que, a diferencia de las anteriores, estas dos variables no son substitutivas, sino complementarias, pero que, dado que al incluirlas a la vez en el modelo el VAB relativo pierde su significatividad, resulta necesario trabajar con ellas de forma sucesiva. Los resultados obtenidos al proceder de esta manera son los siguientes:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa		
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 1.3	Modelo 1.4
VAB tecnología alta y media-alta	---	0,312 (0,002)
% VAB tecnología alta y media-alta respecto al VAB total	---	---
Stock de capital tecnológico	0,261 (0,000)	0,227 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,424 (0,000)	0,307 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,737 (0,000)	0,472 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,182 (0,001)	0,143 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,284 (0,001)	0,192 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,112 (0,037)	0,112 (0,009)
Técnicos y aux. / investigador universidad	---	0,039 (0,102)
Gasto en I+D/ personal I+D Universidad	0,077 (0,040)	0,098 (0,002)
Calidad del sistema educativo científico	---	---
R ² _a	0,989	0,997

---: indica que la variable ha sido sacada del modelo al no resultar significativa.

En primer lugar, llama la atención, que en ambas alternativas la *calidad del sistema de educación científica* pierde su significatividad estadística. En líneas generales, el modelo 1.3 resulta insatisfactorio, ya que no solo pierde su significatividad el número de *técnicos y auxiliares por investigador de la universidad*, sino también el *porcentaje del VAB de tecnología alta y media-alta respecto al VAB general*, que en este caso debía actuar como variable diferenciadora.

En cuanto al modelo 1.4, la eliminación de la variable *empresas que realizan I+D sistemática*, no provoca grandes alteraciones en el orden de los coeficientes de las demás variables. Básicamente, el *VAB de tecnología alta y media-alta*, (Beta 0,312) el *nivel tecnológico de la demanda* (Beta 0,307) y el *número de empresas innovadoras* (Beta 0,472), aumentan levemente sus coeficientes, mientras el del *stock de capital tecnológico* se ve sensiblemente reducido (Beta 0,227).

Dado que a excepción del modelo 1.1 la *calidad del sistema educativo científico*, pierde su significatividad en todos los modelos posteriores, hemos optado por eliminarla de la ecuación de regresión. A modo informativo, presentamos los resultados obtenidos al introducir las variables capital riesgo, así como número de infraestructuras de apoyo a la innovación.

Output: Suma ponderada patentes España y Europa		
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 1.4.1	Modelo 1.4.2
VAB tecnología alta y media-alta	0,302 (0,003)	0,306 (0,004)
Stock de capital tecnológico	0,225 (0,000)	0,208 (0,004)
Nivel tecnológico de la demanda	0,325 (0,000)	0,320 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,465 (0,000)	0,474 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,142 (0,001)	0,146 (0,002)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,116 (0,009)	0,113 (0,013)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,205 (0,001)	0,198 (0,001)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,043 0,075	0,041 (0,107)
Gasto en I+D/ personal I+D Universidad	0,096 (0,003)	0,099 (0,004)
Número total de estructuras de interfaz	0,025 (0,259)	
Capital riesgo		0,022 (0,516)
R ² _a	0,997	0,997

Hemos podido constatar, que estas dos variables tampoco han resultado significativas, en ninguna de las demás combinaciones de variables con las que hemos experimentado a lo largo de este trabajo. Por ello optamos por tomar como indicador de la *infraestructura tecnológica* de apoyo a la innovación, el *personal tecnológico empleado en las estructuras de interfaz científicas, tecnológicas y productivas*. Recogemos los resultados obtenidos tras este cambio en la siguiente tabla:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa	
	Coefficiente estandarizado (Beta)
	Modelo 1.5
VAB tecnología alta y media-alta	0,322 (0,001)
Stock de capital tecnológico	0,226 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,294 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,443 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,128 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,117 (0,004)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,182 (0,000)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,044 (0,041)
Gasto en I+D/ personal I+D Universidad	0,090 (0,002)
Infraestructura de apoyo a la innovación	0,039 (0,073)
R^2_a	0,998

Como se puede comprobar, los datos difieren sensiblemente de los anteriores. El *número de empresas innovadoras*, que sigue siendo la variable más importante a la hora de explicar los resultados innovadores de una región, acentúa aun más su importancia, pasando de un Beta de 0,370 en el modelo 1.1 a un Beta 0,443. Le siguen en segundo lugar el *peso de la industria de tecnología alta y media-alta*, medido a través del VAB, con un Beta de 0,322, que diverge notablemente del obtenido anteriormente (Beta 0,215). Frente al modelo anterior, el esfuerzo en I+D de una región, medido a través del *stock de capital tecnológico*, pasa de un Beta de 0,250 a un Beta de 0,226, resultando la variación del coeficiente estandarizado menos importante que en los casos anteriores. No ocurre lo mismo con la variable que ocupa el tercer lugar de importancia, el *nivel tecnológico de la demanda*, que presenta un Beta de 0,294 frente al 0,204 anterior.

En segundo lugar debemos centrar nuestra atención en las variables restantes, que presentan todas un Beta menor de 0,200, y que son, ordenándolas por coeficientes decrecientes: el *número de técnicos y auxiliares por cada investigador de la administración pública* (Beta 0,182), el *porcentaje de empresas que colabora en I+D* (Beta 0,128), el *número de técnicos y auxiliares por investigador en las empresas* (Beta 0,117), el *gasto de la universidad por persona ocupada en I+D* (Beta 0,098), los *técnicos y auxiliares por investigador en la universidad* (0,044) y la *infraestructura de apoyo a la innovación* (Beta 0,039)

En vista de los resultados obtenidos podemos sacar una serie conclusiones: en primer lugar, la eliminación la variable *número de empresas innovadoras* que aumenta la robustez y la validez del modelo, mantiene las cuatro primeras variables en importancia, a saber, el *número de empresas innovadoras*, el *VAB de tecnología alta y media-alta*, el *nivel tecnológico de la demanda* y el *stock de capital tecnológico*, todas ellas con un

Beta en torno a 0,300. En segundo lugar, cabe señalar, que al igual que en los modelos anteriores, las variables referentes a los recursos humanos –en concreto el tamaño de los grupos de investigación- siguen obteniendo coeficientes positivos y estadísticamente significativos para cada una de la triple desagregación empresa, administración pública y universidades. En tercer lugar, y tal como cabía esperar, la *cooperación en I+D* resulta positiva y estadísticamente significativa. Finalmente cabe destacar, que la nueva variable introducida, la *infraestructura de apoyo a la innovación* medida a través del personal técnico total de las estructuras de interfaz tecnológicas, científicas y productivas, resulta igualmente positiva y estadísticamente significativa, coincidiendo con los resultados obtenidos por García Quevedo (1999), si bien la variable presenta el Beta más bajo de todas las variables.

Un vez comprobada la consistencia del nuevo modelo²⁵ optamos por tomarlo 2.1 como “modelo base”, y procedemos a la sustitución de algunas variables por otras alternativas.

Output: Suma ponderada patentes España y Europa		
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 1.5	Modelo 1.6
VAB tecnología alta y media-alta	0,322 (0,001)	0,266 (0,004)
Stock de capital tecnológico	0,226 (0,000)	0,174 (0,004)
Nivel tecnológico de la demanda	0,294 (0,000)	0,389 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,443 (0,000)	0,480 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,128 (0,001)	0,163 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,117 (0,004)	0,115 (0,005)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,182 (0,000)	0,247 (0,001)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,044 (0,041)	0,040 (0,063)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,090 (0,002)	0,094 (0,002)
Infraestructura de apoyo a la innovación	0,039 (0,073)	--- ---
Población		0,073 (0,101)
R ² _a	0,998	0,999

---: indica que la variable ha sido sacada del modelo al no resultar significativa.

²⁵ La “consistencia” o “robustez” del modelo ha sido comprobada eliminando el 20% de los casos por selección aleatoria, sin que se presenciasen alteraciones notables en los coeficientes de las variables. Este procedimiento se ha repetido sucesivas veces, obteniéndose el mismo resultado, a excepción hecha de que uno de los casos eliminados sea la Comunidad de Madrid, cuyo peso relativo en el sistema regional de I+D es tan alto, que su ausencia altera los resultados del modelo.

En primer lugar, hemos incluido en el modelo “base” una variable de control, concretamente la población de la región, como indicador del tamaño de la misma²⁶. Dado que como resultado de la inclusión de esta variable, la variable *personal técnico total de interfaz* pierde su significatividad, y al sacarla mejora levemente el ajuste del modelo, hemos optado por presentar los datos sin incluir esta última variable.

Por lo demás, los resultados concuerdan con las previsiones: la variable de control *población* presenta un coeficiente positivo, si bien muy bajo (Beta 0,073) y se mantiene al borde de la significación estadística. Una vez comprobado el funcionamiento del modelo con la variable de control, continuamos con la sustitución de variables alternativas y complementarias, retomando para ello el modelo 2.1.

En un siguiente paso, observamos la reacción del modelo ante la sustitución de la variable *stock de capital tecnológico*, por el *gasto interno (total) en I+D*. Dado que ambas variables recogen el esfuerzo en I+D de una región de forma similar, no cabe esperar alteraciones significativas en el modelo. Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla, en la que incluimos el modelo 1.5 a fin de facilitar la comparación:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa		
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 1.5	Modelo 1.7
VAB tecnología alta y media-alta	0,322 (0,001)	0,274 (0,000)
Stock de capital tecnológico	0,226 (0,000)	
Gasto interno total en I+D		0,262 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,294 (0,000)	0,319 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,443 (0,000)	0,443 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,128 (0,001)	0,138 (0,000)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,117 (0,004)	0,121 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,182 (0,000)	0,198 (0,000)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,044 (0,041)	0,041 (0,014)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,090 (0,002)	0,089 (0,000)
Infraestructura de apoyo a la innovación	0,039 (0,073)	0,026 (0,090)
R ² _a	0,998	0,998

²⁶ No debe olvidarse, que el tamaño de la región se recoge indirectamente a través del tamaño “económico” que la región tiene dentro del sistema nacional de I+D, factor que incide de modo más directo en el número de patentes

Se comprueba que nuestra hipótesis es correcta, y que independientemente de la variable utilizada para medir el esfuerzo innovador de una región, se obtienen resultados similares, si bien el *gasto interno en I+D* obtiene un coeficiente Beta de 0,262, superior al del *stock de capital tecnológico* en el modelo 2.1 (Beta 0,226). En cambio, el *VAB de la tecnología alta y media-alta* se reduce en el modelo 2.2 a un Beta de 0,274, frente al 0,322 del modelo 2.1.

Como hemos tenido ocasión de señalar más arriba, un factor determinante de la capacidad innovadora de una región, además del *gasto en I+D*, son los *recursos humanos dedicado a al I+D*. Sin embargo, no es posible incluir las dos variables simultáneamente en un modelo a nivel de regiones de España, dada la alta correlación existente entre ambas (Correlación de Pearson de 0,978). De ahí que se pueda reemplazar la variable *stock de capital tecnológico* por el *personal total en I+D* sin que las restantes variables sufran alteraciones significativas. Los resultados de esta sustitución se encuentra en la siguiente tabla:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa			
	Coeficiente estandarizado (Beta)		
	Modelo 1.5	Modelo 1.7	Modelo 1.8
VAB tecnología alta y media-alta	0,322 (0,001)	0,274 (0,000)	0,260 (0,001)
Stock de capital tecnológico	0,226 (0,000)		
Gasto interno total en I+D		0,262 (0,000)	
Personal total en I+D			0,253 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,294 (0,000)	0,319 (0,000)	0,350 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,443 (0,000)	0,443 (0,000)	0,447 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,128 (0,001)	0,138 (0,000)	0,145 (0,000)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,117 (0,004)	0,121 (0,001)	0,118 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,182 (0,000)	0,198 (0,000)	0,222 (0,000)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,044 (0,041)	0,041 (0,014)	0,047 (0,007)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,090 (0,002)	0,089 (0,000)	0,090 (0,000)
Infraestructura de apoyo a la innovación	0,039 (0,073)	0,026 (0,090)	0,036 (0,027)
R ² _a	0,998	0,998	0,999

Como se puede apreciar, la sustitución del *stock de capital tecnológico* por el *personal total en I+D* reduce levemente el coeficiente del *valor añadido bruto de la tecnología alta y media-alta* a un Beta de 0,260 (frente al 0,274 en el modelo 2.3 y al Beta 0,322 del modelo 2.1). Por su parte, el *personal total en I+D* obtiene un Beta de 0,253, valor

muy similar a los obtenidos anteriormente por las variables *stock de capital tecnológico* y el *gasto interno total en I+D*. Como hemos tenido ocasión de explicar más arriba, uno de los problemas al trabajar con las Comunidades Autónomas, es que tanto la utilización de datos absolutos como de datos relativos, resulta problemática si se utilizan de manera aislada y no de forma complementaria, y hemos señalado algunos ejemplos concretos al respecto. Por ese motivo hemos considerado necesario probar el modelo con datos referentes al esfuerzo en I+D relativos, optando por el ratio *gasto interno en I+D/respecto al PIB*, desglosadas en empresas, administración pública y universidades. Al igual que ocurría en el modelo 2.2, la inclusión de estas nuevas variables hace que la *infraestructura de apoyo a la innovación* pierda sus significación estadística, por lo que la hemos sacado del modelo. Para obtener los resultados deseados, es necesario, además, llevar a cabo otra modificación en el modelo: el *stock de capital tecnológico* ha de ser sustituido por el *gasto total en I+D*, tal y como ya lo habíamos hecho en el modelo 2.3. A continuación se reflejan los resultados obtenidos:

Output: Suma ponderada patentes España y Europa			
	Coeficiente estandarizado		
	Modelo 1.5	Modelo 1.7	Modelo 1.8
VAB tecnología alta y media-alta	0,322 (0,001)	0,274 (0,000)	0,252 (0,006)
Stock de capital tecnológico	0,226 (0,000)		
Gasto interno total en I+D		0,262 (0,000)	0,144 (0,000)
Nivel tecnológico de la demanda	0,294 (0,000)	0,319 (0,000)	0,232 (0,001)
Nº de empresas innovadoras	0,443 (0,000)	0,443 (0,000)	0,429 (0,000)
% de empresas colaboradoras	0,128 (0,001)	0,138 (0,000)	0,103 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,117 (0,004)	0,121 (0,001)	0,186 (0,001)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,182 (0,000)	0,198 (0,000)	0,115 (0,007)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,044 (0,041)	0,041 (0,014)	0,092 (0,002)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,090 (0,002)	0,089 (0,000)	0,182 (0,040)
Infraestructura de apoyo a la innovación	0,039 (0,073)	0,026 (0,090)	--- ---
Gasto interno de las empresas en I+D (% sobre el PIB)			0,153 (0,001)
Gasto interno de la administración pública en I+D (% sobre el PIB)			0,094 (0,008)
Gasto interno de la universidad en I+D (gasto sobre el PIB)			0,056 (0,006)
R ² _a	0,998	0,998	0,999

Dado que las demás variables no sufren variaciones importantes, nos limitaremos a señalar únicamente los resultados obtenidos para las variables indicadoras del *esfuerzo innovador relativo*. Como cabía esperar, la variable ha resultado estadísticamente significativa y positiva para cada uno de los tres sectores en los que está desagregada: empresa (Beta 0,153), administración pública (Beta 0,094) y universidad (Beta 0,056). Se comprueba, que los coeficientes presentan un relación bastante exacta de 3:2:1, siendo mayor la incidencia de la empresa, seguida de la administración pública (lo que contradice el resultado obtenido por Gumbau,1996) y, en último lugar, la universidad.

A fin de comprobar la consistencia de nuestros resultados hemos creído conveniente abandonar como output la suma ponderada de patentes, y aplicar la ecuación de regresión sucesivamente a las patentes solicitadas para el territorio español y para el territorio de la Unión Europea., a fin de determinar si se presentan desviaciones notables entre ambas. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

Output:	Patentes España	Patentes Europa
	Coeficiente estandarizado (Beta)	
	Modelo 2.1	Modelo 2.2
VAB tecnología alta y media-alta	-0,002 (0,987)	0,496 (0,000)
Stock de capital tecnológico	0,458 (0,000)	0,097 (0,020)
Nivel tecnológico de la demanda	0,260 (0,008)	0,309 (0,000)
Nº de empresas innovadoras	0,637 (0,001)	0,332 (0,001)
% de empresas colaboradoras	0,131 (0,035)	0,126 (0,003)
Técnicos y aux./ investigador empresas	0,126 (0,065)	0,111 (0,010)
Técnicos y aux./ investigador admin públ.	0,166 (0,028)	0,189 (0,001)
Técnicos y aux. / investigador universidad	0,045 (0,267)	0,042 (0,073)
Gasto en I+D/ personal I+D universidad	0,103 (0,035)	0,082 (0,007)
Infraestructura de apoyo a la innovación	-0,017 (0,683)	0,069 (0,016)
R_a^2	0,991	0,997

Como podemos apreciar, el modelo 2.2 para las *patentes europeas* presenta un ajuste sensiblemente superior al de las *patentes españolas*. Si comparamos los resultados de 2.1 y 2.2 llama la atención, que el *VAB de tecnología alta y media-alta*, no resulta estadísticamente significativa como variable explicativa de las *patentes españolas*, mientras que en el caso de las *patentes europeas* presenta el coeficiente de regresión más elevado (Beta 0,496). En cambio, ocurre lo contrario con la variable *stock de capital tecnológico*, que para las *patentes españolas* presenta un Beta 0,458, mientras

que para las *patentes europeas* solo alcanza un Beta de 0,097. Menos importante resulta la diferencia en el caso del *nivel tecnológico de la demanda*, que en el modelo 2.1 obtiene un valor Beta de 0,260 y en el 2.2 un Beta de 0,309. Finalmente, destacar, que la variable *número de empresas innovadoras*, presenta en el caso de las *patentes españolas* un Beta el doble de alto que en caso de las *patentes europeas* (Beta 0,637 en el modelo 2.1, frente a un Beta 0,332 en el modelo 2.2).

5.5.2 Modelos de utilidad como output

Como medida alternativa de la capacidad innovadora de una región, y para verificar la consistencia de nuestros resultados, hemos sustituido en nuestro modelo el output *patentes*, por el de *modelos de utilidad*. Como ya se ha señalado anteriormente, la principal diferencia entre ambas, radica en que las patentes deben presentar una novedad mundial, mientras que a los modelos de utilidad se les exige tan sólo una novedad nacional. Sin embargo, de resultar correcto nuestro planteamiento teórico, el output de innovación medido como el número de *modelos de utilidad* de una región, dependerá, básicamente, de los mismos factores que en el caso de las *patentes*. Es decir, que si el modelo no se viera significativamente alterado para los modelos de utilidad, indicaría cierta consistencia de nuestros planteamientos y la robustez de nuestro modelo.

Los resultados de aplicar nuestro modelo para el output modelos de utilidad se presentan en la tabla que sigue:

Output: modelos de utilidad	
	Coefficiente estandarizado (Beta)
	Modelo
VAB tecnología alta y media-alta.	-0,413 (0,055)
Stock de capital tecnológico.	0,367 (0,005)
Nivel tecnológico de la demanda	0,396 (0,006)
Número de empresas innovadoras.	1,114 (0,000)
% de empresas colaboradoras.	0,296 (0,005)
Técnicos y auxiliares por cada investigador de la empresa.	0,268 (0,018)
Técnicos y auxiliares por cada investigador de la administración pública.	0,233 (0,034)
Técnicos y auxiliares por cada investigador de la universidad.	0,105 (0,109)
Gasto de la universidad por persona ocupada en I+D	0,236 (0,005)
Infraestructura de apoyo a la innovación	---

---: indica que la variable ha sido sacada del modelo al no resultar significativa.

Como se puede observar, al igual que en el caso de las patentes, la variable más importante resulta el *número de empresas innovadoras* (Beta 1,114), seguidas del *nivel tecnológico de la demanda* (Beta 0,396) y el *stock de capital tecnológico* (Beta 0,367).

Igualmente, resulta significativo el *porcentaje de empresas colaboradoras* (Beta 0,296), el *número de técnicos y auxiliares* de la administración pública (Beta 0,233) y de las empresas (Beta 0,268) y el *gasto de la universidad por persona ocupada en I+D* (Beta 0,236). Sin embargo, quedan fuera del modelo los *técnicos y auxiliares por cada investigador de las universidades*, así como la calidad del sistema de educación científico, lo que podría apuntar a que la universidad no resulta un agente impulsor de los modelos de utilidad. Por otra parte, no resulta extraño que el VAB de tecnología alta y media alta –a diferencia del los casos en los que hemos utilizado como output las patentes- no resulte significativo en el caso de los modelos de utilidad, ya que éstos se caracterizan precisamente por desarrollar innovaciones de mayor novedad.

5.5.3 Publicaciones

Si hasta aquí habíamos centrado nuestra atención en los indicadores de la capacidad de innovación tecnológica de una región, en la última fase del estudio nos pareció conveniente aprovechar la base de datos existente y aplicar el mismo procedimiento de regresión para un output nuevo, el *número de publicaciones*, a fin de obtener las determinantes que influyen en los rendimientos científicos de una región.

Sin embargo, y dado que dejamos este planteamiento para el final de nuestra investigación, no fue posible ajustarlo al mismo grado de fiabilidad que para las *patentes* y los *modelos de utilidad*. Pero, aparte del factor temporal, existe otra serie de factores que condicionan la validez de los resultados que presentamos más abajo para el caso de las *publicaciones*. En primer lugar, la mayoría de variables y ratios de las que disponemos en nuestra base de datos –provenientes en su mayoría del INE- están claramente enfocados hacia la innovación tecnológica, es decir, hacia la I+D aplicada, y no hacia los resultado estrictamente científicos como las publicaciones. No podemos descartar, por tanto, que nuestra base de datos carezca de algún indicador que pudiera resultar clave a la hora de explicar el número de publicaciones de un país o una región, hecho que se ve agravado –y ahí se halla el segundo inconveniente- por la falta de estudios previos a este respecto en los que poder apoyarnos.

En vista de las limitaciones arriba señaladas, los modelos que a continuación se detallan deben ser considerados *únicamente provisionales* e interpretados con las debidas precauciones.

Output: suma de publicaciones nacionales e internacionales españolas			
	Coeficiente estandarizado (Beta)		
	4.1	4.2	4.3
Calidad del sistema educativo científico	0,129 (0,014)	0,144 (0,006)	0,158 (0,000)
Estructuras de interfaz del entorno financiero	0,245 (0,001)	0,247 (0,000)	0,254 (0,000)
Número de empresas innovadoras	0,498 (0,000)	0,560 (0,000)	0,495 (0,000)
Gasto de la administración pública por investigador ocupado en I+D	-0,168 (0,004)	-0,170 (0,003)	-0,191 (0,000)
Gasto de la universidad por investigador ocupado en I+D	0,096 (0,061)	0,150 (0,009)	0,151 (0,001)
Técnicos y auxiliares por cada investigador de las empresas	0,109 (0,053)	0,213 (0,006)	0,234 (0,001)
Técnicos y auxiliares por cada investigador de las universidades	0,116 (0,030)	0,146 (0,010)	0,161 (0,001)
Gasto interno de la administración pública (porcentaje sobre el PIB)	0,810 (0,000)	0,798 (0,000)	0,873 (0,000)
% empresas que realizan I+D sistemática		0,121 (0,019)	0,097 (0,007)
Estructuras de interfaz productivo			0,060 (0,055)

Como se puede apreciar, el *gasto interno en I+D de la administración pública, medido como porcentaje sobre el PIB*, resulta el factor de mayor importancia, con un Beta de 0,810, seguido del número de empresas innovadoras (Beta 0,498). Le sigue, ya a mayor distancia, el número de *estructuras de interfaz del entorno financiero* (Beta 0,245)²⁷ y la *calidad del sistema educativo científico* (beta 0,129). Esta última presenta unos coeficientes bastante próximos a las tres variables siguientes, que son el *número de técnicos y auxiliares por cada investigador de las universidades* (Beta 0,116), el *número de técnicos y auxiliares por cada investigador de las empresas* (Beta 0,109) y el *gasto de la universidad por cada investigador ocupado en I+D* (Beta 0,096). En la tabla se recogen, además, los resultado de introducir sucesivamente en el modelo las variables *porcentaje de empresas que realizan I+D sistemática* y el *número de empresas de interfaz del entorno productivo* que, si bien no alteran significativamente el modelo, tampoco contribuyen a mejorar su entendimiento.

²⁷ Sin que podamos encontrar una explicación satisfactoria a este hecho.

6. Recopilación y conclusiones

6.1 Recopilación de los resultados y su interpretación en relación con la teoría y en contraste con las conclusiones de los estudios empíricos

Dado que en anterior capítulo hemos tenido la oportunidad de presentar distintas combinaciones de variables sobre nuestro “modelo base”, en esta última parte del trabajo hemos considerado oportuno recuperar los principales resultados obtenidos, así como algunas de las conclusiones que de ellos se desprenden, contrastándolos con los anteriores trabajos que habían estudiado el caso de las regiones españolas y estadounidenses, que hemos tenido ocasión de presentar en los capítulos 2,3 y 4.

6.1.1 Esfuerzo innovador y el tamaño tecnológico empresarial

Una de las principales hipótesis a comprobar para el caso español, era la incidencia que el esfuerzo tecnológico llevado a cabo por las regiones así como el tamaño tecnológico-empresarial de las mismas ejerce sobre el resultado innovador regional. Tal y como cabía esperar, se ha podido constatar el impacto positivo que sobre el output tecnológico tiene el *esfuerzo innovador*, independientemente de que sea medido a través del *stock de capital tecnológico*, del *gasto en I+D* o del *personal total en I+D*, coincidiendo así con los resultados previos de Jaffe, 1989; Griliches, 1990; Acs et al., 1992; Feldman, 1994; Anselin et al., 1997; García Quevedo, 1999 y Stern, Porter y Furman, 1999.

Llama la atención, sin embargo, que no sea este conjunto de variables las que presenten un mayor peso, a la hora de explicar el número de patentes generadas, sino el *número de empresas innovadoras*. Una posible explicación a este hecho podría radicar en la mayor propensión a patentar que, dentro del sistema de I+D, tiene el sistema productivo-empresarial. Téngase en cuenta, que en el periodo aquí analizado, las empresas -que ejecutan algo menos del 50% de los gastos en I+D- han generado alrededor del 80% de las patentes registradas en España y aproximadamente el 90% de las patentes europeas, de lo que se deduce, que tanto la administración pública como la universidad son menos propensas a patentar corriendo a su cargo únicamente el 20% de las patentes “españolas” y el 10% de las “europeas” (Buesa, 2002).

No debe asombrar, por tanto, que la variable *esfuerzo innovador* presente un peso menor dentro del modelo que el *número de empresas innovadoras*, dado que la primera no sólo incluye el esfuerzo innovador empresarial, sino también el llevado a cabo por la administración pública y la universidad que, presentan una menor incidencia sobre el número de patentes registradas, motivo por el cual conviene llevar a cabo una interpretación *conjunta* de ambas variables.

A la hora de medir el tamaño tecnológico empresarial de una región, hemos trabajado con distintos indicadores: por un lado, hemos utilizado el VAB correspondiente a productos “high-tech” y, por otro, hemos recurrido al número de empresas innovadoras y al número de empresas que realizan I+D de forma sistemática. En cuanto a las empresas innovadoras y las empresas que realizan I+D sistemática, ambas resultan estadísticamente significativas y presentan elevados coeficientes como variables explicativas del número de patentes registradas, evidenciándose así el papel crucial que las empresas desempeñan como agentes del sistema tecnológico regional.

Sin embargo, y a pesar de la importancia ejercida por el sector empresarial, no se puede olvidar la importancia de los spillovers universitarios, evidenciados, entre otros, por Jaffe (1989) Acs et al. (1992), Feldman (1994) y Anselin (1997). De acuerdo a estos autores, la universidad desempeñaría un papel clave como generadora de conocimiento, que resultaría complementaria a la I+D empresarial, y que se influirían mutuamente a la hora de generar nuevas patentes. A pesar de las evidencia empíricas obtenidas por los trabajos señalados para el caso de las regiones estadounidenses, no nos ha sido posible constatar la presencia de spillovers universitarios en el caso de las regiones españolas, lo que significa que, en general, las universidades no desempeñan en la actualidad un papel significativo como agente impulsor de la innovación.

6.1.2 Tamaño relativo del sistema regional de innovación, “cultura innovadora” y tamaño de los grupos de investigación

Otro conjunto de variables que esta relacionado con la producción de “innovaciones” es el que recoge, la “cultura” innovadora o la propensión tradicional a innovar de una región²⁸. En este trabajo hemos considerado que el nivel tecnológico de la demanda (PIB per capita), el porcentaje del VAB de productos de media y alta tecnología, y gasto total en I+D respecto al PIB, permiten recoger, hasta cierto punto, la cultura innovadora de una región. Tanto el nivel tecnológico de la demanda, como el gasto total en I+D respecto al PIB, han resultado estadísticamente significativos y han presentado signo positivo, lo que permite concluir que la cultura innovadora, medida en estos términos, incide positivamente en el output tecnológico de una región. En cuanto a la oportunidad tecnológica de una región, medida como el porcentaje del VAB de alta tecnología sobre el VAB total, únicamente ha resultado estadísticamente significativa para *una* combinación de variables (modelo 1.2) por lo que es posible sacar de ello deducciones concluyentes.

Por otra parte, ha resultado significativo y positivo, el *tamaño de los grupos de investigación* (medido a través del número de técnicos y auxiliares por investigador), tanto para las empresa como para la administración pública y las universidad, es decir, que a mayor tamaño de los grupos de investigación, mayor resulta el output tecnológico de la región, lo que confirma la importancia de los efectos de sinergia. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta afirmación sólo resulta válida en el los márgenes de valores que presentan actualmente las regiones españolas, pues, indudablemente, a partir de cierto tamaño no sólo aparecerán rendimientos decrecientes, sino incluso negativos.

6.1.3 Infraestructura tecnológica y científica

La variable “*calidad del sistema de educación científico*” se podría considerar por un lado como indicador del *capital humano* y, por otro, como indicador de la calidad del sistema universitario como agente de la infraestructura tecnológica-científica. Este indicador sólo ha resultado estadísticamente significativo en una ocasión, resultado que básicamente, coincide con el obtenido por García Quevedo (1999), a pesar de haber utilizado una variable alternativa a la de este autor, lo que permite sacar dos conclusiones: en primer lugar, se evidencia la escasa importancia que la universidad ejerce, en el periodo estudiado, en el sistema de I+D, hecho que, por una parte, podría

²⁸ Como hemos tenido ocasión de señalar anteriormente, el concepto de cultura innovadora resulta más fácil de definir en la teoría que en la práctica. Las variables aquí utilizadas a este respecto resultan provisionales, y deberán ser mejoradas y definidas con mayor precisión, más adelante.

deberse a la escasa antigüedad de muchas universidades españolas (García Quevedo, 1999) y que, por otra, refleja la muy limitada vinculación entre las universidades y las empresas españolas o, más concretamente, la escasa conexión entre la generación de ciencia por parte del sistema público en I+D y el desarrollo tecnológico llevado a cabo por las empresas (Cotec, 1998). En segundo lugar, debemos reconocer, que el indicador que hemos empleado no resulta óptimo, ya que incluye la calidad media de *todos* los departamentos universitarios. Lamentablemente, aún no es posible disponer para el caso español de una variable como la empleada por Anselin et al. (1997) que recoja únicamente la calidad de los departamentos universitarios de alta tecnología. Sin embargo, la *calidad del sistema de educación científico* sí resulta significativa y, además, presenta una alta elasticidad al actuar como variable explicativa del output científico, medido a través del número de publicaciones, lo que demuestra el destacado papel que la universidad desempeña como agente del sistema de investigación científica.

Por otra parte, hemos podido comprobar la importancia que sobre el nivel de innovación tecnológica de una región tiene la *infraestructura de apoyo a la innovación*, lo que confirma los resultados de García Quevedo (1999). Como cabía esperar, lo que resulta determinante no es el número de estructuras de interfaz existentes, sino el tamaño de las mismas, medido en términos del personal empleado, lo que apunta, a que determinadas estructuras pequeñas, como las OTRIS o similares, verdaderamente tienen un peso muy reducido dentro del sistema de I+D y contribuyen muy poco al output tecnológico de una región. Sin embargo, los resultados de esta investigación no permiten precisar, si la incidencia de las estructuras de apoyo a la innovación sobre el output tecnológico se debe a su actuación como agente “autónomo” del sistema de I+D o, a su función originaria, es decir, a su actuación como estructura de interfaz o intermediadora entre los demás agentes del sistema.

Al igual que Stern, Porter y Furman (1999), no hemos obtenido resultados estadísticamente significativos en el caso del *capital riesgo*, lo que probablemente se deba a que en el periodo estudiado (1995-1997) los niveles de capital inversión se mantenían aun muy bajos y no hubieran alcanzado aun el umbral crítico necesario para incidir estadísticamente en el output tecnológico. Sin embargo, se ha podido constatar un notable aumento del capital inversión a partir de 1998 (Martín Pellón, 2000), por lo que, quizás, el umbral crítico haya sido ya superado, y se obtengan resultados positivos para años posteriores.

6.1.4 Colaboración e interacción entre agentes del sistema regional de innovación

En cambio, ha sido posible constatar empíricamente para el caso español la incidencia positiva que sobre el output tecnológico tiene la *colaboración entre agentes del sistema de I+D*, afirmando así, que los resultados obtenidos a este respecto por Stern, Porter y Furman (1999), también resultan válidos para las regiones españolas. Podemos concluir, por tanto, que aquellas regiones que presentan un porcentaje mayor de empresas que colaboran en materia de I+D con otros agentes del sistema, presentan un mayor flujo de ideas convertidas en patentes.

6.1.5 Modelos con variables dependientes alternativas

En cuanto a los resultados obtenidos al recurrir como variable dependiente al número de publicaciones, cabe señalar, que los resultados resultan contradictorios, por lo que nos

limitaremos a señalar tan sólo dos conclusiones provisionales: el número de publicaciones, medido *como suma de las publicaciones nacionales e internacionales* de autores en España, puede explicarse en un 97% gracias a la variable *personal total en I+D*, es decir, que a diferencia del caso de las patentes o de los modelos de utilidad, resulta más importante el número de personas dedicadas a la investigación que el gasto en I+D. En segundo lugar, y si sustituímos la variable anteriormente referida, destaca la importancia de la variable de mayor importancia es el *gasto interno en I+D de la administración pública medida como porcentaje sobre el PIB*. De ser cierta la hipótesis de Gumbau (1996) según la cual esta variable sirve como indicador de la política tecnológica llevada a cabo por la administración pública, el resultado que hemos obtenido indicaría que los objetivos fijados por la administración encontrarían un inmediato reflejo en el número de publicaciones científicas. Sin embargo, parece más realista pensar que, sencillamente, el peso relativo de la investigación llevada a cabo por la administración pública, encuentra un reflejo más directo en el número de publicaciones (por el que, por otra parte, evalúa el rendimiento de sus investigadores) que el número de patentes.

6.2 Conclusiones para la política tecnológica

Aunque los resultados obtenidos en este estudio no permiten concluir que tipo de política tecnológica en concreto resultaría más eficaz como incentivadora de la innovación tecnológica de una región, sí permite, en cambio, apuntar una serie de conclusiones generales que pueden ayudar a distinguir las debilidades y fortalezas del sistema español en I+D, y, en consecuencia, los factores que convendría reforzar.

En primer lugar, el hecho que el número empresas innovadoras resulte el factor más importante a la hora de explicar el output tecnológico de una región, apunta a que una política capaz de aumentar el número de este tipo de empresas podría contribuir positivamente a mejorar los resultados innovadores de una región. Para ello se presentan dos alternativas compatibles: por una parte, incentivar la transformación de empresas no innovadoras en innovadoras; por otra, fomentar la creación de nuevas empresas de base tecnológica que, por definición, y para poder entrar de forma competitiva en el mercado, deben resultar innovadoras. Esta segunda vía implicaría la necesidad de desarrollar mecanismo de apoyo a las empresas, como la puesta a disposición de capital inversión que, según hemos podido apreciar en este trabajo, aun no incide de manera estadísticamente significativa en el output tecnológico de las regiones españolas. Otro factor que podría contribuir positivamente a este hecho sería la creación de spinoffs universitarios, es decir, de empresas cuya base de negocio tenga sus orígenes en una investigación académica.

Por otra parte, el hecho que, a diferencia de los Estados Unidos, no se detecte en el caso español la presencia de spillovers universitarios, permite concluir, que en la práctica no existe una interacción suficiente entre la universidad las empresas. En vista de los resultados obtenidos por Jaffe (1989), Acs et al. (1992) Felman (1994) y Anselin et al. (1997), parece obvio que uno de los objetivos principales de cualquier política tecnológica futura deberá consistir en mejorar la colaboración entre la universidad y la empresa, teniendo, además, en cuenta, que nuestros resultados demuestran la incidencia positiva que la colaboración y la interacción entre agentes del sistema de I+D sobre los resultados tecnológicos. En definitiva, consideramos que para que el sistema de I+D regional sea capaz de optimar sus resultados, resulta necesario que exista un equilibrio entre el esfuerzo innovador llevado a cabo por los distintos agentes del sistema,

equilibrio que se debe hacer extensivo a la relación entre esfuerzo innovador y el número de empresas integradas en el sistema en I+D.²⁹

Finalmente debe señalarse, que de acuerdo a nuestros resultados, debería desarrollarse una infraestructura de apoyo a la innovación que resultase más eficaz, no como agente autónomo del sistema de I+D, sino como verdadera estructura de interfaz, que actuara como catalizador y mediador entre los agentes.

6.3 Futuras líneas de investigación

El modelo aquí presentado, se enmarca en el conjunto de trabajos previos que analizan el impacto que los distintos factores económico-regionales ejercen sobre el output tecnológico de las regiones españolas. Sin embargo, como hemos tenido ocasión de ver a lo largo de este trabajo, el número de estudios de este tipo es aun relativamente bajo, especialmente si no tomamos en consideración aquellos modelo que trabajan solo con dos o tres variables. De ahí que resulte deseable desarrollar nuevos modelos que vayan ampliando los modelos a medida que se pueda disponer de nuevas variables, y que revisen los planteamientos iniciales a medida que se vayan descubriendo nuevas determinantes que actúen como impulsores de la capacidad innovadora regional.

Como ya hemos señalado anteriormente, los resultados que hemos presentado deben considerarse provisionales, y deben entenderse únicamente como un paso previo para un modelo de mayor envergadura, que trabaje con datos para cinco años.³⁰

En vista a los resultados obtenidos, se abren para el futuro tres nuevas líneas de investigación: en primer lugar, ampliar el modelo aquí presentado con nuevas variables referentes al capital humano, teniendo para ello en cuenta el papel desempeñado en este proceso por la universidad.³¹ Por otra parte, el autor de este trabajo está elaborando en la actualidad, y en base a los coeficientes obtenidos en este estudio, un indicador de la capacidad innovadora de cada una de las regiones españolas, en combinación con los resultados obtenidos por Martínez Pellitero (2002).

Finalmente, se presenta la posibilidad de aplicar un procedimiento análogo al aquí empleado, al caso de las regiones europeas, tanto a nivel de cada estado miembro, como al de la totalidad de la Unión Europea, lo que permitirá no sólo determinar y contrastar aquellos factores que resultan comunes a todas la regiones, sino también, tener en cuenta las características diferenciadoras de cada conjunto de regiones a nivel estatal; en la actualidad, la viabilidad de este proyecto está siendo estudiada por el Instituto de Análisis Industrial y Financiero.

²⁹ Buen ejemplo de como debe llevarse a la practica esta interacción y equilibrio entre la universidad y la empresa, podría ser la Universidad Jaume I de Castellón, que se ha orientado fuertemente hacia una de las industrias claves de la región, la los azulejos cerámicos, en la que Castellón es uno de los líderes mundiales. Para ello se han llevado a cabo sendos proyectos de investigación conjunta, etc.

³⁰ De próxima publicación en la revista *Economía Industrial*.

³¹ véase la nota al pie anterior (nº 28).

Bibliografía

- Acs, Z. Y Audretsch, D. (1990) *Innovation in small and large firms*. Cambridge (MA).
- Acs, Z., Audretsch, D. y Feldman, M. (1992) *Real Effect of Academic Research: Comment*; en: *The American Economic Review*, vol 82-1.
- Anselin, L., Varga, A. y Acs, Z. (1997) *Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations*; en: *Journal of Urban Economics*.
- Archigugi, D y Sirili, G. (2000) *The Direct Measurement of Technological Innovation in Business*.
- Archibugi, D.; Cesaratto, S. y Sirili, G. (1991) *Sources of Innovative Activities and Industrial Activities and Industrial Organisation*; en: *Research policy*, vol. 20.
- Armstrong, H. y Taylor, J. (1999) *The Economics of Regional Policy*; Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Arrow, K (1962) *The economic Implications of Learning by Doing*; en: *Review of Economic Studies*, 29 (2).
- Audretsch, D. Y Thurik, R. (1999) *Innovation, industry evolution and employment*; Cambridge (UK).
- Audretsch, D.B. (1998) *Agglomeration and the Location of Innovative Activity*, en: *Oxford Review of economic policy*, vol 14-2.
- Audretsch, D y Feldman, M. (1996) *R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production*; en: *The American Economic Review*, vol 86-4.
- Aydalot, P. y Keeble, D. (eds.) (1988) *High Technology Industry and Innovative Environment. The European Experience*.
- Bania, N., Calkins, L.N., Dalenberg, D.R. (1992) *The Effects of Regional Science and Technology Policy on the Geographic Distribution of Industrial R&D Laboratories*, en: *Journal of Regional Science*, vol 32-2.
- Bound, J.; Cummins, C.; Grilliches, Z.; Hall, B. Y Jaffe, A. (1984) *Who does R&D and who patents?* en: Grilliches, Z. (ed) (1984).
- Braczyk, H-J., Cooke, P. y Heidenreich, M. (1998) *Regional Innovation Systems*; London.
- Bros, U. y Heijs, J. (1999) *What can regional technology policy learn from the innovation systems approach? –with a case study of Spain and Germany. Ponencia en la conferencia “Regional innovation systems in Europe” NECSTS/RICTES-99 conference; San Sebastian*.
- Buesa, M. (2002) *El sistema regional de innovación de la Comunidad de Madrid. IAIF- Documento de trabajo n° 30*.

- Buesa, M. et al. (2002) *Los centros tecnológicos en España. IAIF- Informe de investigación n°7.*
- Buesa, M. et al. (2001^a) *Indicadores del sistema regional de innovación basados en las estadísticas de I+D. IAIF- Informe de investigación n°1.*
- Buesa, M. et al. (2001b) *Estimación del stock de capital tecnológico: comparación en el marco europeo; IAIF- Informe de investigación n°2.*
- Buesa, M. et al. (2001c) *Sistemas nacionales y regionales de innovación: una aproximación teórica. IAIF- Informe de investigación n°3.*
- Buesa, M y Molero, J. (1992) *Capacidad tecnológica y ventajas competitivas en la industria española: análisis a partir de las patentes; en: Ekonomiaz n°22.*
- Buesa, M., Molero, J., Navarro, M. et al. (2001) *Indicadores de la ciencia, la tecnología y la innovación: metodología y fuentes para la CAPV y Navarra; en: Azkoaga Cuadernos de ciencias sociales y económicas n° 9.*
- Camagni, R. (1991) *Introdution: from local "milieu" to innovation*
- Coe, D y Helpman, E (1995) *International R&D Spillovers*, en: *European Economic Review*, vol. 39.
- Cohen, W. y Levinthal, D. (1989) *Innovation and Learning: The two Faces of R&D Implications for the Analysis of R&D Investment; en: Economic Journal*, vol. 99.
- Cooke, P. (1992) *Regional innovation systems: competitive regulation in the new Europe; en: Geoforum n° 23.*
- Coronado Guerrero, D. y Acosta Serró, M. (1997) *Spatial Distribution of Patents in Spain: Determinig factors and Consequences on Regional Development; en: Regional Studies*, vol 31-4.
- Cotec (Informe) (2001) *Tecnología e innovación en España*; Madrid.
- Cotec (Informe) (1999) *Tecnología e innovación en España*; Madrid.
- Dahl, M.S. (2001) *What is essence of geographic clustering. Paper presented in the DRUID Nelson & Winter Conference, 12-15 June, in Aalborg Denmark.*
- Dankbaar, B. et al. (1993) *Research and Technology Management in Enterprises: Issues for Community Policy Overall Strategic Review. Monitor-Sasa Project No. 8. Commission of the European Community.*
- DeBresson, C. y Amesse, F. (1991) *Networks of innovators. A Review and Introduction to the Issue; en: Research Policy*, 20.
- Diederer, P.; Stoneman, P.; Toivanen, O. y Wolters, A. (1999) *Innovation and Research Policies; Cheltenham (UK) y Nothampton (MA).*
- Dodgson, M. y Rothwell, R. (1994) *Handbook of Industrial Innovation.*

- Dosi, G. (2000) *Innovation, Organization and Economic Dynamics*; Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Dosi, G. (1988) *Technical Change and Industrial Transformation*; London.
- Durán, A. (1999) *Geografía de la innovación: ciencia, tecnología y territorio en España*; Madrid.
- Edquist, Ch. (1997) *Systems of innovation. Technologies, Institutions and Organizations*; London.
- ETAN working paper (2000) *Internationalization of Research and Technology: Trends, Issues and Implications for S&T Policies in Europe*. European Commission, DG XII, Brussels y Luxembourg.
- Etxeberria, J. (1999) *Regresión múltiple*; Madrid.
- Fagerberg, J.; Guerreri, P.; Verspagen, B. (1999) *The economic challenge for Europe: adapting to innovation based growth*. Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Feldman, M. (1994) *The Geography of Innovation*; Dordrecht.
- Fernández de Lucio et al. (1996) *Estructuras de interfaz en el Sistema Español de Innovación: su papel en la difusión de tecnología*; Universidad Política de Valencia.
- Fritsch, M. y Lukas, R. (1999) *Innovation, cooperation, and the region*. En: Audretsch y Thurik (1999).
- Freeman, Ch. (1987) *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*.
- Freeman, M. (1991) *Networks of innovators: a synthesis of research issues*; en: *Research Policy*, nº 20.
- García Quevedo, J. (1999) *Innovación tecnológica y geografía en España*. Tesis doctoral inédita, dirigida por la Dra. M^a Teresa Costa Campí. Departamento de Econometría. Estadística y Economía Española, Universidad de Barcelona.
- Gómez, I et al. (2002) *Indicadores de producción científica de la Comunidad de Madrid; en: Capital intelectual y producción científica*. Editado por Consejería de Educación- Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid.
- Griliches, Z. (1990) *Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey*, en: *Journal of Economic Literature*, vol. 28.
- Griliches, Z. (ed.) (1984) *R&D, Patents and Productivity*; Chicago (IL).
- Griliches, Z. (1979) *Issues in assessing the contribution of R&D productivity growth*; en: *Bell Journal of Economics*, 10.
- Gumbau, M. y Maudos, J. (2001) *Actividad tecnológica y crecimiento económico en las regiones españolas*; IVIE WP-EC 2001-17.

- Gumbau, M. (1996) *La dimensión regional de la innovación tecnológica*, IVIE- WP-EC96-08.
- Gumbau, M. (1994) *Los determinantes de la innovación: el papel del tamaño de las empresas*; en: *Información Comercial Española* n° 726.
- Hassink, R. (1992) *Regional Innovation Policy: Case Studies from the Ruhr, Baden Württemberg and North East England*, Utrecht.
- Heijs, J. (2001^a) *Política tecnológica e innovación. Evaluación de la financiación pública de I+D en España*. CES, Madrid.
- Heijs, J. (2001^b) *Justificación de la política de innovación desde un enfoque teórico y metodológico*. IAIF-Documento de Trabajo n° 25.
- Heijs, J (1998) *Regional Technology Policy and Innovations Systems: a comparative study of Germany and Spain*. IAIF-Documento de Trabajo n° 11.
- Herden, R y Heydenbreck, P. (1991) *Analysen und Unterstützung innovationsorientierter Dienstleistungen. Zusammenfassung (Forschungsprojekt des Ministeriums Wmt)*.
- Hilpert, U (1991) *Regional innovation and decentralization*; London.
- INE (1995-1999) *Estadística sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico*; Madrid
- INE (1996:2000) *Encuesta sobre la innovación tecnológica en las empresas*; Madrid.
- Jacobs, J, (1969) *The Economies of Cities*; New York.
- Jaffe, A. (1989) *Real Effects of Academic Research*; en: *The American Economic review*, vol. 79-5.
- Jaffe, A. (1983) *Technological Opportunity and Spillovers in R&D: Evidence from Firm's patents, profits and market value*; en: *American Economic Review*, vol 76 n° 5.
- Jaffe, A.; Trajtenberg, M. y Henderson, R. (1993) *Geografic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations*; en: *Quarterly Journal of Economics*, vol 109, n° 3.
- Jünger, F. G. (1949) *Die Perfektion der Technik*; Wiesbaden.
- Kleinknecht; A. (1996) *Determinants of Innovation. The Message from new Indicators*; New York.
- Koschatzky, K. (1997) *Technology Based Firms in the Innovation Process. Management, Financing and the Reional Networks*.
- Koschatzky, K. (1998) *Firms Innovation and Region: the Role of space in Innovation Processes*; en: *International Journal of Innovation Management*, vol 2, n° 4.

- Kortum, S (1997) *Research, Patenting and Technological Change*, en: *Econometrica*, 65(6), 1389-1419.
- Krugman, P. (1998) *What's new about the New Economic Geography?*, en: *Oxford Review of economic policy*, vol 14-2.
- Láredo, Ph. Y Mustar, Ph. (eds.) (2001) *Research and Innovation Policies in the new Global Economy. An International Comparativa Analysis*; Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Lundvall, B. (1992) *National Systems of Innovation*.
- Malerba, F. y Orsenigo, L. (1995) *Schumpeterian Patterns of Innovation*; en: *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19.
- Mansfield, E. (1995) *Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing*; en: *The Review of Economics and Statistics*, n° 77.
- Martí Pellón, J. (1997:2001) *El capital inversión en España*; Madrid.
- Martínez Pellitero, M. (2002) *Recursos y resultados de los sistemas de innovación: elaboración de una tipología de sistemas regionales de innovación en España*; IAIF- Documento de trabajo n° 34.
- Meyer.Krahmer, F. (1989) *Science and Technology in the Federal Republik of Germany*.
- Miguel, J. de, Caïs, J. y Vaquera, E. (2001) *Excelencia: Calidad de las universidades españolas*; (CIS) Madrid.
- Molero, J.; Buesa, M. et al (1997) *La innovación tecnológica en la empresa española. Resultados de la encuesta IAIF- CDTI (1995)*. IAIF- Documento de trabajo n° 5.
- Mowery, D. y Rosenberg, N. (1998) *Paths to Innovation*; Cambridge (UK).
- Mytelka, L. (1991) *Strategic Partnership and the World Economy*.
- Narula, R. (1999) *Explaining the growth of strtegic R&D alliances by european firms*; en: *Journal of Economic Market Studies*, diciembre 1999.
- Narula, R. y Hagedoorn, J. (1999) *Innovating through strategic alliances: moving towards ineternational partnership and contractual agreements*; en: *Technovation* n° 19.
- Navarro, M. (2001a) *Los sistemas nacionales de innovación: una revisión a la literatura*. IAIF-Documento de Trabajo n° 26.
- Navarro, M. (2001b) *El análisis y la política de clusters*. IAIF-Documento de Trabajo n° 27.
- Nelson, R. (ed.) (1993) *National Innovation Systems: A comparative Analysis*; New York.

- Nelson, R. (1959) *The Simple Economics of Basic Scientific Research*; en: *Journal of Political Economy*, 67.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1994) *National Innovation Systems: why they are important and how they might be measured and compared*, en: *Economics of Innovation and New Technology*, vol 3-1.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1991) *Large firms in the Production of the World's Technology: an important case of non-globalisation*; en: *Journal of international Business Studies*.
- Pavitt, K. (1999) *Technology, Management and Systems of Innovation*; Cheltenham (UK) y Nothampton (MA).
- Pérez, César (2001) *Técnicas estadísticas con SPSS*, Madrid.
- Pérez, F y Serrano, L. (1998) *Capital humano, crecimiento económico y desarrollo regional en España (1964-1997)*; Fundación Bancaja.
- Perrin, J. (1988) *A desconcentrated technology policy; lessons from the Sophia Antipolis Experience. Environment and planing C*; en: *Government and Policy*, vol. 6 n°4.
- Piory, M. y Sabel, C. (1984) *The Second Industrial Divide. Possilities of Prosperity*; New York.
- Porter, M.E., Sachs, J.D., Cornelius, P.K., McArthur, J. W., Schwab, K. (2002) *The Global Competitiveness Report*; New York, Oxford.
- Porter, M.E. y Stern, S. (1999) *Measuring the "ideas" Production Function: Evidence from the International Patent Output*; NBER Working Paper 7891.
- Porter, M.E. (1990) *The Competitive Advantage of Nations*; New York.
- Porter, M.E. (1989) *Cúmulos y competencias. Nuevos objetivos para empresas, estados e instituciones*; en: *Porter, M.E. Ser competitivos*; Bilbao.
- Pyke, F.; Becattini, G. y Sengenberger, W. (eds.) (1992) *Industrial Districts and Interfirm Cooperation in Italy*.
- Romer, P. (2000) *Should the Government Subsidize Supply or Demand in the Market for Scientists and Engineers*; NBER Working Paper 7723.
- Romer, P. (1990) *Endogenous Technological Change*; en: *Journal of Political Economy*, vol 98.
- Rosenfeld, Stuart A. (1995) *Industrial-strength Strategies. Regional Business Clusters and Public Policy*, Washington, D.C.
- Rothwell, R. (1994) *Industrial Innovation: success, strategy, trends*.
- Rothwell, R. et al. (1989) *Small Firms Innovation and Industrial Change*; en. *Small Business Economics*, 1.
- Roussel, P; Saad, K. y Ericson, T (1991) *Third generation R&D*; Harvard.

- Sabel, C.; Herrigel, G.; Kazis, R y Deeg, R, (1991) *Regional Prosperities Compared: Massachusetts and Baden Württemberg*; en: Hilpert (1991).
- Schibany, A., Hämäläinen, T. y Schienstock, G. (2000) *Innovation Networks*; en: OECD, *Boosting innovation: the cluster approach*; Paris.
- Schmitz, H. y Nadvi, K. (1999) *Clustering and Industrialization: Introduction*; en: *World Development*, vol. 27 n°9.
- Schumpeter, J.A. (1911) *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*; Berlin.
- Sharp, M y Shearman, C. (1987) *European Technological Collaboration*; en: *Chatham House Paper*, 36.
- Soetel, L y Patel, P. (1985) *Recherche- Développement, importations de technologie et croissance économique. Une tentative de comparaison internationales*; en: *Revue Économique*, vol. 36-5.
- Staber, U. (2001) *The structure of Networks in Industrial Districts*; en: *International Journal of Urban and Regional Research*; vol. 25.
- Stephan, P. Y Audretsch, D. (2000) *The Economics of Science and Innovation*, Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Stern, S., Porter, M.E. y Furman, J.L. (2000) *Los factores impulsores de la capacidad innovadora nacional: implicaciones para América Latina*.
- Stern, S., Porter, M.E. y Furman, J.L. (1999) *The Determinants of National Innovative Capacity*; *NBER Working Paper* 7876.
- Sternberg, R. (1995) *Technologiepolitik und High-Tech Regionen – Ein internationaler Vergleich*.
- Stoneman, P. ed. (1995) *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Cheltenham (UK) y Northampton (MA).
- Stöhr, W. (1987) *Territorial Innovation Complexes*; en: *Papers of the Regional Science Association*, vol. 59.
- Storper, M. (1995) *Regional Technology Coalitions, an Essential Dimension of National Technology Policy*; en: *Research policy*, 24.
- Trajtenberg, M. (1990) *Patents as indicators of Innovation*; en: *Economic Analysis of Product Innovation*, Cambridge (MA)
- Tichy, G. (1991) *The product cycle revised: some extensions and clarifications*; en: *Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*; n° 111.
- Vence, X. (1995) *Economía de la innovación y del cambio tecnológico*.
- Vence, X. (ed.) (1998) *La política tecnológica comunitaria y la cohesión Regional: los retos de los sistemas de innovación periféricos*.